



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
Instituto de Ciências Biológicas
Instituto de Física
Instituto de Química
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências
Mestrado Profissional em Ensino de Ciências

RENATA SAMPAIO CARDIM

**METODOLOGIA ALTERNATIVA PARA ABORDAGEM INTRODUTÓRIA DA
QUÍMICA ORGÂNICA: APLICAÇÃO E AVALIAÇÃO DE UMA EXPERIÊNCIA
DIDÁTICA**

Brasília, DF
2013

Renata Sampaio Cardim

**METODOLOGIA ALTERNATIVA PARA ABORDAGEM INTRODUTÓRIA DA
QUÍMICA ORGÂNICA: APLICAÇÃO E AVALIAÇÃO DE UMA EXPERIÊNCIA
DIDÁTICA**

Dissertação realizada sob orientação da Prof^a Dr^a Maria Márcia Murta, apresentada à banca examinadora como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Ensino de Ciências – Área de Concentração “Ensino de Química”, pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Universidade de Brasília.

Brasília, DF

2013

Renata Sampaio Cardim

**METODOLOGIA ALTERNATIVA PARA ABORDAGEM INTRODUTÓRIA DA
QUÍMICA ORGÂNICA: APLICAÇÃO E AVALIAÇÃO DE UMA EXPERIÊNCIA
DIDÁTICA**

Dissertação realizada sob orientação da Prof^a Dr^a Maria Márcia Murta, apresentada à banca examinadora como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Ensino de Ciências – Área de Concentração “Ensino de Química”, pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Universidade de Brasília.

Aprovada em 27 de março de 2013.

BANCA EXAMINADORA

Prof^a Dr^a Maria Márcia Murta
(Presidente)

Prof^a Dr^a Maria Lucília dos Santos
(Membro Interno não Vinculado ao Programa – IQ/UnB)

Prof. Dr. Wildson Luiz Pereira dos Santos
(Membro Vinculado ao Programa – IQ/UnB)

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todas as pessoas que contribuíram para este trabalho. Em especial à minha Orientadora e Professora Maria Márcia Murta por toda paciência, dedicação e disponibilidade em me atender. A minha família, meu noivo, meus amigos porque de alguma forma permitiram que esse plano se concretizasse. Agradeço também, aos professores Maria Lucília dos Santos, Wildson Luiz Pereira dos Santos e Rafael Oliveira Rocha por terem participado da banca examinadora e pelas contribuições feitas para melhoria deste trabalho.

RESUMO

O mercado de trabalho atual demanda profissionais com postura cada vez mais participativa para desenvolver várias habilidades diante dos problemas atuais. O perfil do estudante do século XXI, que é mais dinâmico e tem mais acesso à informação, se adequa a esta realidade. Diante dessas mudanças, é mandatório repensar o processo de educação. Para tanto, é preciso propor e testar algumas alternativas no sistema educacional. Nesse sentido, buscamos com este trabalho propor uma metodologia que inclui a elaboração de um plano da disciplina e uma ementa programa, além da sua aplicação e avaliação em uma disciplina introdutória de Química Orgânica, com moldes que se adéquem melhor à realidade dos alunos. A metodologia foi aplicada e testada com alunos da disciplina de Química Orgânica Fundamental da UnB. Nela, são propostas sugestões de abordagem dos conteúdos de química orgânica que podem subsidiar professores que ministram as disciplinas introdutórias nos cursos de graduação e nos Institutos Federais. Busca-se, dessa forma, proporcionar uma aprendizagem mais efetiva para essa disciplina e uma participação mais ativa dos alunos. A metodologia apresenta aspectos que desenvolvem a autonomia de trabalho dos alunos e apresenta uma didática favorável à interação entre o professor e o aluno, além de permitir uma aproximação do conteúdo com situações presentes no cotidiano de algumas profissões. A disciplina foi dividida em módulos para facilitar a apresentação dos conteúdos e a organização dos mesmos em grandes planos. Em cada módulo foram apresentados miniseminários, em que os alunos estudaram e discutiram temas relacionados ao cotidiano e mercado de trabalho. Ao final de cada módulo aplicou-se uma avaliação discursiva para analisar o aproveitamento e rendimento dos alunos. Os resultados foram discutidos e avaliados neste trabalho e as sugestões propostas pelos alunos já foram incorporadas na preparação da ementa programa com o intuito de melhorar a metodologia e facilitar a sua aplicação.

Palavras-chave: metodologia de ensino, ensino de química orgânica, ementa programa de química orgânica.

ABSTRACT

The actual job market increasingly demands professionals with posture active and effective, to be able to develop various skills facing the problems encountered. The XXI century student profile is more dynamic and has more access to information, fitting in this reality. Given these changes, it's mandatory to rethink the educational process. Therefore, it is necessary to propose and test some alternatives in the educational system. In this sense, we aim with this work to propose a program template for an introductory course in organic chemistry, in a manner that fit best to the reality of the students. The methodology was implemented and tested with students of Fundamental Organic Chemistry of UnB. Suggestions are proposed for addressing the contents of organic chemistry, supporting teachers who instruct the introductory graduation courses and Federal Institutes. Thus, the purpose is to provide a more effective learning for the discipline and increasing the active participation of students. The methodology has aspects that develop the autonomy of student work and presents a didactic favorable interaction of teacher and student, in addition to allow an approximation of the content with the daily situations of some professions. The course is divided into modules to facilitate the presentation of content and organize them in large plans. In each module were presented seminars where students learned and discussed issues related to their very day and labor market. At the end of each module was applied a discursive evaluation to analyze the performance of students.

Key-words: teaching methodology, organic chemistry teaching, organic chemistry program template.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	8
1 O ENSINO E A APRENDIZAGEM: BREVE REVISÃO DAS TEORIAS DE APRENDIZAGEM.....	15
2 METODOLOGIA	27
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	82
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	84
APÊNDICE	86
Apêndice A – Questionário aplicado aos alunos da disciplina Química Orgânica Fundamental.	86
Apêndice B – Ementa Programa para disciplina introdutória de Química Orgânica.	88
Apêndice C – Plano da Disciplina	109
ANEXO	112
Anexo A – Lista de temas sugeridos para apresentação de seminários nos 1º e 2º/2011.....	112
Anexo B – Plano da Disciplina de Química Orgânica Fundamental	115

INTRODUÇÃO

O aumento nos investimentos em políticas de inclusão social que abarcam a distribuição de renda, a inclusão digital e o crescimento considerável de investimento público em educação nos últimos 15 anos, resultou em significativas mudanças na organização da sociedade brasileira. O crescimento econômico, as transformações estratégicas na política e o aumento dos investimentos na área de educação contribuíram fortemente para a mudança de status de país em desenvolvimento para país emergente. Uma pesquisa realizada pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais (Inep), juntamente com Ministério da Educação (MEC), Instituto de Pesquisas Econômicas Aplicadas (Ipea) e Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE), foi finalizada em 2008 e tinha como objetivo apresentar os investimentos públicos na educação. De acordo com o estudo, o ano de 2006 representou o maior investimento público direto em educação, ou seja, 4,4% do Produto Interno Bruto (PIB), o que significa R\$ 101,8 bilhões em números absolutos. A tabela abaixo mostra os percentuais de investimento no período de 2000 a 2006, onde já é possível observar uma mudança significativa nesses investimentos.

Tabela 1: Percentual de Investimento Público Direto em Relação do PIB no período de 2000 a 2006.

Ano	Percentual do Investimento Público Direto em Relação ao PIB						
	Total	Níveis de Ensino					
		Educação Básica	Educação Infantil	Ensino Fundamental		Ensino Médio	Educação Terciária
				De 1ª a 4ª Séries ou Anos Iniciais	De 5ª a 8ª Séries ou Anos Finais		
2000	3,9	3,2	0,3	1,3	1,1	0,5	0,7
2001	4,0	3,3	0,3	1,3	1,1	0,6	0,7
2002	4,1	3,3	0,3	1,5	1,1	0,4	0,8
2003	3,9	3,2	0,3	1,3	1,0	0,5	0,7
2004	3,9	3,2	0,3	1,3	1,1	0,5	0,7
2005	3,9	3,2	0,3	1,4	1,1	0,4	0,7
2006	4,4	3,7	0,3	1,4	1,4	0,6	0,7

Fonte: Inep/MEC. Tabela elaborada pela DTDIE/Inep. Investimento Total em Educação no período de 2000 a 2006.

Disponível

em:

<http://portal.inep.gov.br/c/journal/view_article_content?groupId=10157&articleId=13775&version=1.0>.

Acesso em: 04/04/2012.

De 2006 a 2009, o desenvolvimento na educação manteve-se, chegando a 5% do PIB no final do período. Para o ano de 2010, a expectativa era de um crescimento de 0,2% em relação a 2009, porém a meta não foi atingida. O registro foi de 5,1% do PIB e não 5,2% como se esperava. Contudo, ainda podemos afirmar que esse investimento representa o maior já registrado na história do país (INEP, 2012).

No líquido, o Brasil ampliou em 1,2 pontos percentuais do PIB os recursos aplicados em educação no período de 2000 a 2010. A estimativa é que esse investimento chegue a 7% do PIB no prazo de dez anos, de acordo com o projeto em tramitação na Câmara dos Deputados sobre o Plano Nacional de Educação (PNE) (BRASIL, 2012). Em 2012, segundo o Orçamento da União, a despesa com o Ministério da Educação será de R\$ 72.294.482.277,00. (BRASIL, 2011).

Para a Organização de Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) o investimento médio em educação está entre 6% e 8% do PIB de cada país. Porém, uma análise simples do percentual do PIB não é suficiente para se avaliar a educação de um país. É preciso levar em consideração o valor do PIB deste país e o número de alunos a ser atendido. Por exemplo, a Bolívia emprega 6,4% do PIB na educação, valor recomendado pela OCDE, enquanto que o Canadá destina apenas 5,2%, percentual abaixo do sugerido. Mas, se fizermos uma análise com valores brutos, é possível perceber que o Canadá investe 1,278 trilhões de dólares e a Bolívia 45 bilhões de dólares (CARREIRA, 2011).

Em 2011, o Brasil subiu uma posição no ranking de Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), ocupando agora a 84ª posição entre os 187 países avaliados (PNUD, 2011), o que está longe de uma situação confortável.

De acordo com os dados apresentados, é possível perceber um aumento na verba disponibilizada para educação. Considerando que a melhoria na qualidade da educação é uma questão estratégica para caracterizar a soberania do país, não só do ponto de vista econômico mas também da qualidade de vida que se reflete no IDH, estes índices são fatores que auxiliam essas análises e a percepção deste crescimento.

Em contrapartida, a partir da década de 1960, surgiu a necessidade de pesquisar questões relacionadas ao modelo de ensino, a despeito dos investimentos efetuados na área de educação. O assunto passou cada vez mais a fazer parte das discussões acadêmicas. Para acompanhar esse crescimento e se adequar às mudanças na sociedade, é necessário propor e testar algumas alternativas no sistema educacional. Nesse sentido, buscamos com este trabalho preparar uma ementa/programa para uma disciplina introdutória de Química

Orgânica com moldes que se adequem melhor à realidade dos alunos. A intenção é aplicar um método de ensino com adaptações e inspirado em metodologias construtivistas para os alunos de um curso da graduação.

Algumas transformações na educação no Brasil

O modelo de educação onde o professor detém o conhecimento e transfere para o seu aluno por meio de aulas expositivas não se adequa mais aos estudantes da geração atual. Essa mudança vem ocorrendo desde as séries iniciais até a formação profissional e pode ser atribuída em parte ao maior acesso à informação por meio da internet. É possível supor que daqui a alguns anos, as gerações de alunos recebidas pelos professores terão um perfil diferente, uma vez que sua formação terá sido mais informatizada e se utilizará da internet, um espaço que pode ser explorado para enriquecer as aulas e as atividades propostas pelo professor.

Duas iniciativas cruciais na transformação educacional –que estão no início de sua implementação e, portanto, sem dados para uma avaliação mais profunda dos resultados– são a criação do programa de apoio a planos de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais, o **Reuni** e a ampliação dos **Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia**.

O Reuni foi instituído pelo Decreto nº 6.096 e tem como objetivo ampliar o número de vagas no nível superior e melhorar as condições nas universidades públicas. Esse programa faz parte do Plano de Desenvolvimento da Educação (PDE) que pretende desenvolver uma política nacional de expansão da educação superior pública (BRASIL, 2007). Por isso, as gestões mais recentes têm criado novas vagas nas instituições de ensino, desde as escolas até as universidades do país. Observa-se, ainda, a expansão dos cursos de profissionalização, que são cursos de menor tempo de duração e com uma formação mais abrangente, mas essenciais para qualificação da mão-de-obra.

Segundo Gabriel Grabowski em entrevista a revista Carta Capital,

Educação profissional é uma modalidade que, por excelência, viabiliza o exercício da cidadania, municia os jovens de recursos para inserir-se e para progredir no trabalho, contribui ao desenvolvimento da autonomia intelectual e do pensamento

crítico, principalmente, ao enfatizar a compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos¹.

Assim, o Ensino Técnico se torna uma estratégia para sustentar o desenvolvimento do parque industrial brasileiro e diminuir a vulnerabilidade científica, ou seja, aumenta-se a autonomia do país e se melhora a qualidade do trabalho contribuindo com o crescimento econômico. Até 2002, o número de escolas técnicas no Brasil não havia mudado, após esse período, houve uma política pública de crescimento e investimento nessas instituições de ensino para aprimorar e ampliar essa formação passando de 140 unidades para 380 unidades até 2010. (BRASIL, 2010). Em 2008, foi sancionada pelo presidente a Lei que cria 38 Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia no país. Esses institutos já foram criados com 168 *campi*, que são as sedes onde os cursos são divididos e organizados (BRASIL, 2008). Em 2012, no Distrito Federal, foram criados inicialmente 5 *campi* para o Instituto Federal (OLIVEIRA, 2012).

Nas universidades, desde 2007, novos cursos vêm sendo abertos para cumprir acordos feitos com o Ministério da Educação (MEC), por meio do Reuni, e as Universidades para suprir as necessidades do mercado de trabalho e caracterizar uma mudança no ensino do Brasil. Por exemplo, na UnB foram criados trinta e sete cursos novos, entre eles o de Biotecnologia, com o objetivo de formar profissionais articulados com os problemas da realidade atual e aptos a preencher as lacunas existentes no mundo do trabalho (BRASIL, 2007).

O perfil do estudante do século XXI é bem diferente do que existiu até então. As mudanças no mundo contemporâneo criam novas situações diariamente para os profissionais de todas as áreas. As transformações sociais, culturais e, principalmente, tecnológicas, provocam mudanças cada vez mais rápidas na sociedade, por isso existe a necessidade de se repensar a formação acadêmica dos estudantes para que seja possível acompanhar esse crescimento fugaz. Com essa nova característica da sociedade, é preciso ter um profissional com formação mais abrangente, capacitação mais ampla e perfil mais crítico para acompanhar esse dinamismo e atuar em várias áreas, contribuindo com o seu conhecimento.

O mercado de trabalho espera dos novos profissionais uma postura mais eficaz para conseguir desenvolver várias habilidades, incluindo o pensamento crítico e a capacidade de resolver situações propostas. Essas características estão condizentes com o acesso a

¹ENSINO técnico: Gabriel Grabowski. Produção de Carta TV on-line. São Paulo: Carta Capital, 2011. 1 vídeo eletrônico. Disponível em: <http://www.youtube.com/watch?v=4mm6DKth4_8>. Acesso em: 15 abr. 2012.

informação que permeia essa nova geração. O estudante assume uma postura mais ativa e participativa no processo de ensino aprendizagem com papel colaborativo. Por isso nos últimos anos, a pesquisa em ensino tem se desenvolvido em várias áreas do conhecimento, dada a necessidade geral de se buscar novas formas e metodologias que sejam mais eficazes para a aprendizagem e não sejam contraditórias com a realidade dos alunos.

Essa proposta está de acordo com o que foi instituído pelo Ministério da Educação, na Lei nº 9.394/96 que estabelece as diretrizes e bases da educação nacional, em seu Artigo 43 incisos I a VII (BRASIL, 1996), que estabelecem quais são as finalidades da educação superior:

- I - estimular a criação cultural e o desenvolvimento do espírito científico e do pensamento reflexivo;
- II - formar diplomados nas diferentes áreas de conhecimento, aptos para a inserção em setores profissionais e para a participação no desenvolvimento da sociedade brasileira, e colaborar na sua formação contínua;
- III - incentivar o trabalho de pesquisa e investigação científica, visando o desenvolvimento da ciência e da tecnologia e da criação e difusão da cultura, e, desse modo, desenvolver o entendimento do homem e do meio em que vive;
- IV - promover a divulgação de conhecimentos culturais, científicos e técnicos que constituem patrimônio da humanidade e comunicar o saber através do ensino, de publicações ou de outras formas de comunicação;
- V - suscitar o desejo permanente de aperfeiçoamento cultural e profissional e possibilitar a correspondente concretização, integrando os conhecimentos que vão sendo adquiridos numa estrutura intelectual sistematizadora do conhecimento de cada geração;
- VI - estimular o conhecimento dos problemas do mundo presente, em particular os nacionais e regionais, prestar serviços especializados à comunidade e estabelecer com esta uma relação de reciprocidade;
- VII - promover a extensão, aberta à participação da população, visando à difusão das conquistas e benefícios resultantes da criação cultural e da pesquisa científica e tecnológica geradas na instituição.

Nesse contexto, hoje, é difícil pensar em educação sem o uso das tecnologias da informação, já que essa geração cresceu com a utilização desses recursos, mesmo considerando as classes menos favorecidas. A Universidade tem um papel fundamental na construção e difusão do conhecimento, porque é produtora do saber e formadora de profissionais em diversas áreas, devendo, portanto, se adequar à nova realidade e permitir transformações para contribuir para a formação de um novo homem. A essência do processo de ensino aprendizagem continua a mesma, mas as ferramentas utilizadas é que devem ser outras.

A fim de suprir essas necessidades, existem metodologias alternativas às tradicionais a serem aplicadas em diversos cursos que valorizam mais o papel do aluno. Dessa forma, métodos baseados apenas em aulas expositivas nas quais o professor detém o conhecimento e transfere para o aluno, não se aplicam mais a essa realidade. Além disso, pode-se inferir que, na Universidade, o aluno tem mais autonomia e maturidade para participar e se responsabilizar pela sua aprendizagem (FREIRE, 1996).

Com o intuito de comprometer mais os alunos, surgiu no final dos anos sessenta, em uma Universidade do Canadá, uma metodologia denominada *Problem Based Learning* (PBL), em português, Aprendizagem Baseada em Problema (ABP), que tem fundamentação teórica no construtivismo (SOARES, 2008). Esse método já é utilizado em vários cursos pelo mundo, principalmente nos cursos de Medicina. No Brasil, também existem algumas experiências com o PBL como, por exemplo, na Fundação de Ensino e Pesquisa em Ciências da Saúde (FEPCS), em Brasília.

Portanto, este trabalho tem como objetivo propor uma metodologia alternativa que proporcione uma aprendizagem mais efetiva na disciplina introdutória de Química Orgânica. Ela foi testada e aplicada na disciplina Química Orgânica Fundamental, que é ofertada para alguns cursos da UnB, mas foi na turma C, que é formada por alunos da Biotecnologia que esse método foi testado. As aulas realizaram-se às terças e quintas-feiras das 16h até 18h. O curso de Biotecnologia da UnB começou a funcionar no primeiro semestre de 2011 e tem formação básica em biologia, química, matemática, física e informática.

Como é um curso recente na universidade, o seu currículo incorpora ideias mais totalizadoras da realidade, ou seja, ele foi elaborado levando em consideração várias áreas do conhecimento. A distribuição das disciplinas foi feita de maneira uniforme nos semestres de forma que o aluno pudesse se dedicar melhor para o curso. Por exemplo, no primeiro semestre do curso o aluno faz Química Orgânica Fundamental e Cálculo I, as demais disciplinas são voltadas para outras habilidades: filosofia, seminários, dentre outras. Alguns aspectos tradicionais do ensino também estão presentes nesse currículo. Mas até pelo tema do curso, ele é bem mais próximo da realidade atual dos estudantes universitários.

A experiência que foi realizada é uma adaptação de outras metodologias de ensino já utilizadas em muitas disciplinas na universidade. O objetivo é avaliar os resultados obtidos através de uma comparação com os apresentados em semestres anteriores.

Este trabalho foi dividido nas seguintes etapas: planejamento das aulas, confecção do plano de disciplina (ementa programa) da disciplina de Química Orgânica Fundamental (produto), aplicação do método de aprendizagem na disciplina híbrida, ou seja, uma disciplina

que apresenta aspectos tradicionais, como aulas expositivas, mas que incorpora aspectos de metodologias alternativas para tornar a aprendizagem mais facilitada, coleta de dados, análise e discussão dos resultados. Para apresentar todas essas etapas, o trabalho foi dividido em quatro capítulos. A questão da pesquisa é criar uma componente curricular a partir de uma metodologia fundamentada no construtivismo para ser usada em uma disciplina híbrida introdutória do curso de Química Orgânica.

No capítulo 1, têm-se a fundamentação teórica do trabalho, ou seja, uma breve revisão dos conceitos de ensino e aprendizagem e a discussão de algumas teorias de aprendizagem. Como a metodologia criada visa uma participação mais ativa do aluno e apresenta alguns aspectos baseados na teoria construtivista, cabe ressaltar que existe uma descrição maior sobre essa abordagem, porque ela fundamenta e justifica o método criado.

No capítulo 2, é apresentada a metodologia do trabalho, sendo que primeiramente foi descrito o processo de planejamento do projeto e, posteriormente, sua aplicação. É importante entender como ele foi aplicado na disciplina e como funcionou a rotina das aulas, as avaliações do método e, principalmente, definir bem o papel do aluno e do professor, para evitar um comprometimento dos resultados e permitir um bom andamento do método na prática. Aqui, teremos uma descrição de como é a metodologia e um breve relato da experiência dessa aplicação na disciplina de Química Orgânica da UnB. É importante ressaltar que esse método foi inspirado no método PBL e nas teorias de aprendizagem.

No capítulo 3 e último, foram discutidos os resultados da aplicação do método criado. Após a aplicação dos problemas propostos, os alunos foram avaliados e, a partir das avaliações, foi possível analisar quais habilidades foram desenvolvidas por eles. Além disso, a observação dos alunos nas participações das sessões em sala de aula e nas apresentações dos miniseminários permitiu acompanhar o desenvolvimento apresentado por eles. Após os resultados das avaliações, foi possível descrever as vantagens e desvantagens do método, levando em consideração a proposta do estudo de criar uma alternativa para a abordagem dos conteúdos de Química Orgânica.

Após essa análise, concluiu-se o trabalho com as considerações finais e um pouco da experiência vivida na referida disciplina durante todo o semestre.

1 O ENSINO E A APRENDIZAGEM: BREVE REVISÃO DAS TEORIAS DE APRENDIZAGEM

Como o objetivo do presente trabalho é desenvolver uma proposta pedagógica que contemple fortemente uma aprendizagem com a participação mais efetiva dos alunos, tomamos como ponto de partida a disciplina Química Orgânica Fundamental ministrada para alunos calouros do Curso de Biotecnologia. De acordo com o Programa da Disciplina, a avaliação era feita com a aplicação de três provas, mais a apresentação de seminários de grupo, que ocorria nas quatro últimas aulas, antecedendo apenas a prova final.

A partir de observações em sala de aula em dois semestres consecutivos nos quais a disciplina em questão foi ministrada, ficava evidente que se tal seminário tivesse sido apresentado nas aulas iniciais da disciplina, poderia ser mais proveitoso para o exercício do ensino e aprendizagem. Tal reflexão se apoiou na crença de que para a elaboração dos seminários, os alunos se defrontam com um problema e partem em busca de soluções; a tarefa seguinte é ter que imprimir uma ordenação lógica das informações por ele selecionadas; assim quando o professor nas aulas subsequentes abordar os conteúdos pertinentes aos temas haveria uma compreensão maior para aquele que tivesse feito a pergunta antes.

O passo seguinte foi buscar na literatura metodologias que pudessem contemplar uma prática ensino e aprendizagem com uma participação mais ativa dos alunos na problematização dos conteúdos. Nesse contexto, faremos uma breve revisão sobre os principais autores das filosofias de aprendizagem que influenciaram a metodologia proposta: comportamentalismo, construtivismo e humanismo.

No que tange o estudo da educação, a Pedagogia caracteriza-se como a área da Ciência que tem como objetivo analisar o processo de ensino e aprendizagem, relacionando-se, assim, de forma direta com este trabalho. Com uma visão mais completa do ser humano, já se sabe que não é possível compreender todos os mecanismos do corpo sem o auxílio de outros profissionais, por isso juntamente com pedagogos, trabalham também filósofos, psicólogos e médicos para entender melhor como ocorre o processo de aprendizagem no ser humano. A palavra pedagogia vem do grego *paidós* que significa criança e *agogus* que significa educar, portanto se refere ao processo de educação que ocorre com as crianças (GHIRALDELI, 2006). Muitas das teorias estudadas nessa área de conhecimento descrevem inclusive a evolução da criança e, muitas vezes, divide o seu desenvolvimento em fases, o que caracteriza

a aprendizagem na infância, como é o caso da pesquisa de Piaget, que será discutida posteriormente.

A etimologia da palavra aprendizagem vem do latim *apprehendere* que significa compreender. Mas, esse termo é utilizado em diversas áreas e por isso existe uma diversidade muito grande na sua conceituação. Para Paulo Freire de acordo com Mizukami (1986, p. 97), “[...] ensino e aprendizagem assumem um significado amplo, tal qual o que é dado à educação. Não há restrições às situações formais de instrução [...]”.

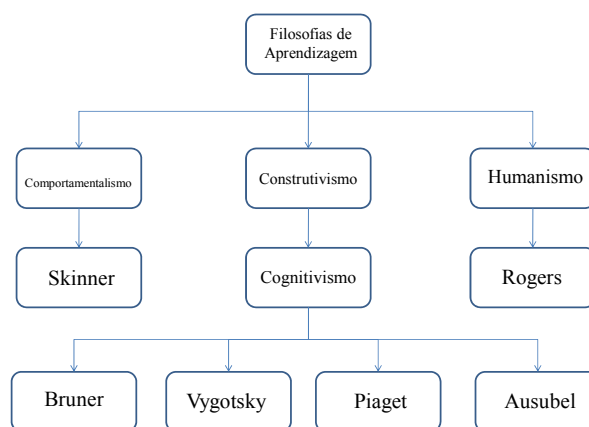
Entretanto, tendo em vista a proposta deste trabalho, que é estudar questões relacionadas ao ensino, utilizaremos o conceito de aprendizagem como “[...] aquisição de informação, mudança de comportamento, resolução de problemas, construção de novos significados e revisão de modelos mentais [...]”. (MOREIRA, 1999, p. 13). A definição apresentada por Moreira é mais abrangente porque não se refere a nenhuma teoria em específico e pode ser adequado a qualquer situação que configure crescimento das pessoas.

A aprendizagem também pode ser definida de acordo com as teorias, que são tentativas humanas de sistematizar algum tipo de conhecimento, portanto, passaremos a discutir de uma maneira geral tais teorias enfatizando os pontos de nosso interesse para a elaboração da componente curricular. Essas Teorias de Aprendizagem são baseadas em três correntes: a comportamentalista também conhecida como behaviorista, a humanista e a cognitivista. Em cada uma dessas vertentes a aprendizagem é compreendida de uma forma diferente. No comportamentalismo a aprendizagem é influenciada pelo meio, pelas observações e as respostas são dadas de acordo com os estímulos. Já na humanista a situação passa a ser mais abrangente, porque é preciso olhar a pessoa como um todo e não apenas a parte cognitiva. A construtivista, por sua vez, valoriza mais o conhecimento (MOREIRA, 1999).

No estudo desenvolvido por Moreira (1999) a respeito das Teorias de Aprendizagem muitas delas não são consideradas efetivamente de aprendizagem, mas teorias de desenvolvimento cognitivo que auxiliam a compreensão do processo de ensino e aprendizagem, por isso também são citadas em sua obra. Este trabalho não tem como objetivo fazer uma revisão bibliográfica sobre as teorias de aprendizagem, apenas uma citação destas e um breve comentário dos principais autores de cada teoria para amparar as análises feitas da metodologia utilizada e permitir uma comparação dos resultados obtidos com os dos anos anteriores na mesma disciplina.

O fluxograma ou mapa conceitual apresentado na Figura 1 facilita a compreensão das diversas teorias que citaremos nesse capítulo, pois permite desenvolver um raciocínio mais organizado das ligações existentes entre as linhas de pensamento e os seus respectivos autores.

Figura 1: Mapa Conceitual das Teorias de Aprendizagem de acordo com Moreira.



Fonte: Elaboração própria.

Seguindo a ordem apresentada pelo esquema conceitual da figura 1, iniciaremos a abordagem das teorias com uma breve revisão sobre o comportamentalismo e, na sequência discursaremos sobre o cognitivismo e humanismo.

Comportamentalismo

A teoria é baseada nos comportamentos observáveis e nas respostas dadas aos estímulos, sem se preocupar em definir como ocorre o processamento dessas informações. As consequências geradas para cada resposta são importantes para controlarem o comportamento. O reforço positivo melhora a conduta, porque as pessoas tendem a obter recompensas e evitar as punições. Dentre os principais autores, podemos descrever um pouco melhor a Teoria de Skinner (1953), que se interessa pelos estímulos e pelas respostas do comportamento observável, mas não se preocupa com os processos intermediários que ocorrem na mente na formação da resposta. De acordo com Moreira (1999, p.50) “Skinner simplesmente ignora as variáveis intervenientes e concentra-se no controle e predição das relações entre as variáveis de input (estímulos) e de output (respostas) [...]”.

Para Skinner (1953), as causas que determinam o comportamento não estão no organismo e, sim no meio externo. Portanto, o comportamento pode ser controlado por suas consequências. Ele definiu dois tipos de comportamento: respondente e operante.

O comportamento respondente é uma resposta gerada a partir de um estímulo, enquanto que o comportamento operante é a resposta originada por estímulos específicos. O condicionamento é a substituição de um estímulo por outro, mas a resposta pode permanecer a mesma. Skinner denominava a personalidade como um padrão ou um conjunto de comportamentos operantes e a neurose era a repetição de comportamentos indesejáveis que já foram reforçados.

Skinner (1953) ainda discute alguns experimentos que realizou para confirmar a sua teoria, mas tem sido bastante questionada porque não ressalta a influência dos aspectos biológico e fisiológico. O comportamento humano não é determinado apenas por influência do ambiente nos aspectos sociais, econômicos e culturais. Além disso, os experimentos foram realizados com animais, que apresentam muitas diferenças biológica sem relação aos seres humanos. Dessa forma, a transposição dos resultados não pode ser arbitrária e é necessário levar em considerações as diferenças fisiológicas para uma análise mais coerente dos resultados apresentados no laboratório. Sem dúvidas, essa é a teoria que mais simplifica a determinação do comportamento humano, porque trabalha com um número menor de variáveis.

Apesar das críticas que a teoria comportamentalista suscita, não podemos deixar de enfatizar o contexto histórico em que ela foi desenvolvida quando o pensamento positivista era bastante difundido e aceito. De qualquer maneira foi um esforço de alguns autores para tentar compreender de que forma a aprendizagem ocorre.

Humanismo

Nessa vertente, ocorre o aprendizado quando se observa um crescimento pessoal. A visão do todo do ser humano é valorizada e, por isso, os pensamentos, as ações e os sentimentos estão interligados para contemplarem o aprendizado. A pessoa é definida pelas suas atitudes e seus sentimentos, não apenas pela parte cognitiva. Dentre os principais autores, pode-se destacar Rogers (1971).

Rogers não apresenta uma teoria, mas propõe alguns princípios de aprendizagem que propiciam uma autorrealização, ou seja, um desenvolvimento pessoal do aprendiz. Ele acredita que todas as pessoas têm potencial de aprender. Portanto, é preciso perceber a relevância do assunto e a relação com a conquista de alguns objetivos do aprendiz. Para Rogers, esse potencial de aprender é natural, por isso todos têm o desejo de descobrir e aumentar o seu conhecimento. Ele usa o termo aprendizagem significativa para especificar

quando a matéria de ensino é percebida como importante para o desenvolvimento do eu e é relevante para atingir um objetivo. Acredita, ainda, que quando a aprendizagem é ameaçadora, o aluno pode ter diferentes reações, podendo, por exemplo, resistir aos valores apresentados, caso sejam diferentes daqueles que já estão aceitos. Quando existe um estímulo à autoavaliação, essas ameaças para o desenvolvimento são reduzidas e ocorre o progresso (ROGERS, 1971).

A aprendizagem é mais eficaz quando o aluno está em confronto experiencial direto com problemas práticos ou de pesquisa ou quando é responsável pelo processo, porque é capaz de definir a direção que será tomada. Para o aprendizado ser mais duradouro, é necessário um envolvimento do aluno tanto no aspecto cognitivo quanto no afetivo. A criatividade deve ser desenvolvida e as avaliações externas assumem um papel secundário, para que o aluno desenvolva a autocrítica. Assim, o aluno tem de aprender a aprender.

Para Rogers, o principal objetivo da educação é facilitar a mudança e a aprendizagem, assim o indivíduo entende que o conhecimento não está esgotado e sua busca é que traz a segurança. Para promover essa facilitação entre o professor e o aluno, é necessário que o facilitador (professor) seja alguém que deixe transparecer o seu lado humano e não seja apenas uma transmissão impessoal dos conteúdos. O aprendiz deve buscar uma oportunidade para experimentar e descobrir conhecimentos que engrandecem o eu (ROGERS, 1971).

A proposta do ensino centrada no aluno, como propõe Rogers não é muito comum nas escolas. O ensino usual é centrado no professor e no conteúdo, por isso uma adoção da abordagem rogeriana poderia trazer uma mudança radical para esse sistema. Assim, Rogers reconhece a impossibilidade prática da sua abordagem, mas acredita que alguns desses princípios possam ser usados na sala de aula para enriquecerem a prática pedagógica.

Para este trabalho, aplicam-se muitos dos princípios propostos por Rogers, já que o objetivo é propor uma metodologia alternativa para ser aplicada na disciplina de Química Orgânica Fundamental, visando uma formação mais completa do aluno e com maior participação dele no processo. Quando a dinâmica da disciplina favorece a participação do aluno e busca a aplicação do conteúdo, desperta-se o interesse na busca de conhecimento e troca de experiências vividas como contribuição importante para o processo de ensino aprendizagem.

Construtivismo e Cognitivismo

O cognitivismo surgiu na mesma época que o comportamentalismo, mas tem sentido oposto. Ambos surgiram como reação ao mentalismo da época que valorizava excessivamente o pensar e o sentir das pessoas. A grande diferença entre as duas abordagens é que o cognitivismo estuda exatamente as variáveis que intervêm no processamento das informações entre os estímulos e as respostas e o comportamentalismo não leva em consideração esse processo intermediário. No cognitivismo, a interpretação e a representação do mundo a partir das interpretações e a construção da estrutura cognitiva são valorizadas para a consolidação da teoria.

“O construtivismo é uma posição filosófica cognitivista interpretacionista [...]” (MOREIRA, 1999, p. 15). Dentre os autores dessa vertente, Piaget (PIAGET, 1977) formulou a primeira e a mais conhecida das teorias. Em seu arcabouço teórico constam quatro períodos de desenvolvimento mental. Como fundamento do seu trabalho, destacam-se os conceitos de assimilação, acomodação e equilíbrio. Os quatro períodos do desenvolvimento mental são: sensório-motor, préoperacional, operacional-concreto e operacional formal. Cada um deles está dividido em faixas etárias, isto é, estão relacionados ao crescimento do bebê até este se tornar uma criança, adolescente e adulto.

O período sensório-motor vai do nascimento até os dois anos de idade. A criança apresenta reflexo, porque ainda não consegue diferenciar o seu *eu* do meio que está inserida e considera tudo que a rodeia continuação do seu corpo. Ela não tem muita coordenação para movimentos e ações, que acabam sendo isolados. Ao final dessa etapa, a criança começa a perceber o seu corpo e passa a considerar as coisas que a rodeiam. No período pré-operacional, que vai dos dois anos até por volta dos sete anos, a criança começa a organizar o seu pensamento, mas ainda não é capaz de ligar todas as ideias. Por isso, muitas vezes se tornam contraditórias e apresentam uma visão mais voltada para o *eu*, caracterizando um comportamento egocêntrico.

O período operacional-concreto, que vai dos sete anos até os doze, permite que a criança perceba o mundo ao seu redor e deixe um pouco esse comportamento egocêntrico. No último período das operações formais, que se inicia nos doze anos e vai até a fase adulta, o pensamento da criança passa a se desenvolver com mais facilidade, pois esta começa a fazer associações. Nessa fase já é possível raciocinar com hipóteses verbais sem precisar do concreto para construir o pensamento, e existe a possibilidade de manipular construtos mentais reconhecendo as relações existentes entre eles. As transições entre esses períodos não

acontecem de repente e, na fase seguinte, ainda podem existir resquícios da anterior, demonstrando um processo de construção. Piaget garante que essas transições acontecem, necessariamente, nessa ordem, mas as idades podem variar um pouco (PIAGET, 1973).

Para Piaget, o crescimento cognitivo ocorre pela assimilação e pela acomodação. A assimilação envolve a construção de esquemas que traduzem a realidade e fazem com que o indivíduo assimile a situação. Mas nem sempre o esquema facilita esse processo, podendo ocorrer uma desistência ou uma adaptação desse esquema para que ocorra o desenvolvimento cognitivo. Não existe uma acomodação sem assimilação, porque aquela só acontece quando houve uma modificação no esquema que facilitasse a assimilação. Assim, Piaget define a estrutura cognitiva como um complexo de esquema de assimilação e define a aprendizagem como um aumento de conhecimento que acontece quando a assimilação teve uma acomodação.

Além de Piaget, Ausubel (1982) também desenvolveu uma teoria cognitivista. Ele diferencia a aprendizagem mecânica da significativa. A mecânica ocorre quando as novas informações apresentadas são aprendidas sem interagir com conceitos relevantes já existentes na estrutura cognitiva. Esta é uma organização cognitiva interna baseada em conhecimentos de caráter conceitual que formam uma rede e estão organizados de modo hierárquico de acordo com o grau de abstração e de generalização. A aprendizagem é significativa à medida que o novo conteúdo é incorporado às estruturas de conhecimento de um aluno e adquire significado para ele a partir da relação com seu conhecimento prévio, ou seja, o aluno é o responsável por aprender a aprender. Isso se deve ao fato de que o novo conhecimento está relacionado ao subsunçor, estrutura de conhecimento específica existente na estrutura cognitiva.

Para que ocorra esta aprendizagem, é preciso que o aluno esteja interessado, isto é, tenha disposição para aprender. O conteúdo escolar tem de ser potencialmente significativo, devendo ser lógico, dependendo apenas da sua natureza e psicologicamente significativo, que é a experiência de cada aluno. Portanto, a aprendizagem escolar é a assimilação do conteúdo a essa rede dos conceitos selecionados socialmente como relevantes.

Ausubel propõe duas classes para aprendizagem que são distinguidas em dois eixos: a aprendizagem significativa e a memorística. O primeiro eixo trata da maneira de organizar o processo de aprendizagem, referindo a aprendizagem por descoberta ou receptiva. Isto é, quanto mais o aluno se aproxima do polo de aprendizagem por descoberta, mais esses conteúdos são recebidos de modo não completamente acabado. Nesse contexto, o papel do

aluno é defini-los antes de assimilar e vice-versa. O segundo eixo trata do tipo de processo que intervém na aprendizagem, originando um contínuo delimitado pela aprendizagem significativa por um lado, e pelo outro, a aprendizagem mecânica.

Acredita-se que a aprendizagem significativa apresenta muitas vantagens, porque o conhecimento é retido e lembrado por mais tempo, a capacidade de aprender outros conteúdos é aumentada, mesmo se a informação original for esquecida e, uma vez esquecida, facilita a “reaprendizagem”. Porém, esse processo não é de fácil implementação nas escolas, para isso é preciso uma reforma que tenha como missão a ordenação do sistema educativo, juntamente com a oferta de conteúdos e metodologias de aprendizagem. Por isso, esta intervenção educativa deve ser substancial, porque deve abranger o saber e o saber fazer, o aprender e o aprender a aprender. Assim, o aluno é o responsável pela sua aprendizagem e deve ter participação efetiva e atividade auto-estruturante, que é a reelaboração pessoal dos conceitos apresentados (PELIZZARI *et al*, 2001-2002).

Para Bruner (1976), que também é um autor construtivista, o indivíduo apresenta três etapas de desenvolvimento: a representação ativa, a icônica e a simbólica. A representação ativa corresponde à idade pré-escolar, onde a criança manipula o mundo apenas pela ação, pois só consegue estabelecer relação entre experiência e ação. Este período representa a aquisição da linguagem e a época de aprender a manipular os símbolos. Na apresentação icônica, a criança já está na escola e, por isso, a manipulação dos objetos é direta ou interna. Assim, pode acontecer a ação, mas esta é interiorizada e reversível sendo que a ação é efetuada na mente, porque uma operação pode ser compensada pela operação inversa. Já na representação simbólica, a criança tem capacidade para operar com proposição hipotética. Pode transpor a experiência em determinada situação para outras que possam ocorrer. Nesta etapa, a criança está apta a dar expressão formal às ideias concretas, isto é, descrevê-las. Portanto, essas etapas são caracterizadas pelo manuseio da ação, depois pela organização perceptiva e imagens e, por último, pela utilização de símbolos. Essas representações são bem divididas na infância, mas os adultos apresentam essas três etapas simultaneamente.

Utilizando-se dessas etapas, Bruner propõe sua teoria de ensino, que deve ser descritiva e prescritiva. Ela deve estabelecer regras para orientar a melhor forma de obtenção de conhecimentos e técnicas. Por isso, deve facilitar a aprendizagem, beneficiando a transferência e a recuperação de informações.

Essa teoria tem quatro características: a predisposição para aprendizagem, a estrutura e forma de conhecimento, a sequência da matéria e a forma e distribuição do reforço. A

primeira delas exige a predisposição para explorar alternativas. O professor deve ativar essa vontade nos alunos, conseguir manter o interesse deles e, por último, direcionar a aprendizagem.

A segunda, são as razões para ensinar a estrutura da disciplina, são elas: entendimento dos fundamentos, memória humana, compreensão de princípios e ideias fundamentais e relevo das estruturas do conhecimento. A estrutura do conhecimento é caracterizada pela forma de apresentação utilizada, a economia, que consiste em determinar qual é a quantidade adequada de informações que se deve guardar na mente e a potência efetiva, que é a capacidade de relacionar assuntos aparentemente distintos.

A terceira delas é considerar o processo de descoberta para escolher a sequência ideal, que deve ir da representação ativa para icônica e depois para a simbólica. A quarta é a de estimular o desenvolvimento do autocontrole e se auto-reforçar a fim de que a aprendizagem seja reforço de si própria.

Na teoria de Bruner, o professor deve levar em conta o desenvolvimento intelectual do aprendiz. Sua principal função é direcionar e instruir a aprendizagem do aluno. Portanto, Bruner destaca o papel da estrutura da matéria de ensino, suas ideias e relações fundamentais, além do processo de descoberta e o currículo em espiral, que é a apresentação dos conteúdos em diferentes níveis de profundidade.

Vygotsky tem uma abordagem mais social que os demais autores. Sua teoria tem pilares nos processos sociais para explicar a ocorrência dos processos mentais no indivíduo, ou seja, ele acreditava que o desenvolvimento cognitivo não acontece sem levar em consideração o contexto social, cultural e histórico (VYGOTSKY, 1987). Portanto, o desenvolvimento cognitivo acontece pela conversão das relações sociais em funções mentais. Esse processo acontece com a mediação, que pode ser definida como a internalização de atividades e comportamentos culturais visando construir as funções psicológicas. Como essa conversão acontece de maneira mediada, utilizam-se instrumentos e signos para possibilitar o desenvolvimento cognitivo. O instrumento pode ser definido como uma ferramenta utilizada e o signo como um significado. O signo pode ser classificado de três maneiras diferentes, por exemplo, indicadores, que são aqueles que apresentam a relação de causa e efeito; icônicos, que são imagens ou desenhos para significarem algo e; simbólicos, que são os que apresentam uma relação abstrata com o significado.

Os instrumentos e signos são construções culturais, históricas e sociais que permitem o desenvolvimento cognitivo do sujeito quando ocorre uma internalização ou apropriação dessas construções. Cabe ressaltar a ocorrência de uma interação social, ou seja, as pessoas interagem possibilitando ao indivíduo uma relação intrapsicológica, que gera o desenvolvimento. Essa interação entre as pessoas é classificada como social quando se trata de transmissão dinâmica, isto é, a transição de inter- para intrapessoal.

“Os signos são coisas que significam outras coisas [...]” (MOREIRA, 1999, p. 110), esses significados são contextuais, por isso são construídos. Os signos são nomes dados a significados contextuais, ou seja, uma mesma palavra (signo) pode ter significados diferentes dependendo do contexto que está sendo usada. Para Vygotsky, os signos são meios que facilitam uma função psicológica superior. Na infância, é comum perceber a construção desses significados, porque muitas vezes uma atitude que é um signo não quer dizer nada, até que um adulto interpreta aquela atitude e a responde. Isso é a interação social, que gera na criança uma associação entre a sua atitude e a resposta gerada por ela, daí a criança começa a aprender a associar as coisas e significá-las. Esse signo só é internalizado quando o ser humano capta significados que já são compartilhados socialmente, isto é, tem aceitabilidade no contexto social.

Para Vygotsky, a fala é o signo mais importante, porque desvincula dos contextos imediatos. Os conceitos são formados quando se consegue representar uma classe ou um grupo sem usar um exemplo em particular, generalizando seu significado.

O desenvolvimento intelectual é a convergência da fala e da atividade prática, utilizando a inteligência prática (instrumentos) e a expressividade da linguagem por meio da fala. A aprendizagem é a condição para que essas funções se desenvolvam respeitando a zona de desenvolvimento potencial do sujeito, definida pela distância entre o nível de desenvolvimento cognitivo real do indivíduo e seu nível de desenvolvimento potencial.

Vygotsky utilizou três técnicas em suas pesquisas com crianças, todas enfatizavam os processos e não os produtos, pois ele se interessava pelo que as crianças faziam e não pelas soluções que elas poderiam chegar.

Utilizando a teoria construtivista como fundamentação teórica, surgiu na *Case Western Reserve University Medical School*, por volta de 1950, o método *Problem Based Learning* (PBL). Esta metodologia desenvolve um trabalho centrado no aluno e tem como principais objetivos desenvolver habilidades, a autonomia do estudante e a capacidade de resolver

problemas para promover uma aprendizagem chamada de autodirigida. Assim, o aluno vai para a sala de aula discutir os problemas apresentados a partir do seu conhecimento prévio e aprofundar os assuntos propostos. O professor desempenha o papel de tutor, que consiste em orientar os alunos e tirar as dúvidas quando existirem. Mas, nem todos os alunos apresentam a mesma disposição para estudar pelo método PBL. Isso porque vêm de uma educação muito tradicional e, muitas vezes, não conseguem acompanhar a dinâmica das atividades e desenvolver a sua função sem o auxílio do tutor/professor. Até porque, muitos estudantes entram na Universidade ainda com a ideia de muita dependência na relação professor/aluno, característica do Ensino Médio. Mesmo quando passam no vestibular e se tornam calouros, muitos ainda guardam alguns resquícios dessa antiga relação. No Ensino Médio, os alunos estão acostumados a serem cobrados diariamente pelos professores, respondendo aos estímulos e cumprindo as tarefas estabelecidas, mas muitas vezes não buscam novas informações para complementar a aprendizagem. É uma relação de dependência baseada, sobretudo, na cobrança, nos prazos e no cumprimento das tarefas. No método PBL, o aluno se sente corresponsável, ou seja, a intenção é responsabilizar o aluno por sua aprendizagem, deixar claro que o processo depende muito mais dele do que do professor.

Neste método, *Problem Based Learning* (PBL), a fundamentação é construtivista e a metodologia visa uma aprendizagem mais centrada no aluno e de forma mais independente, já que eles são responsáveis pelo processo de ensino aprendizagem. O professor passa a ter um papel de orientador, porque direciona o estudo dos alunos.

Nesta perspectiva, a metodologia desenvolvida pretende aproveitar aspectos do método PBL, tornando o aluno mais responsável pelo processo de aprendizagem e caracterizando o professor como um facilitador. A experiência que permitiu o desenvolvimento desse trabalho foi feita com base no PBL e aplicada com alunos da Universidade de Brasília, na sua maioria calouros do curso de Biotecnologia e com idade variando entre 17 e 26 anos. Não podemos imaginar o mesmo tipo de aprendizagem para crianças e adultos, porque as estruturas cognitivas são diferentes e as realidades encontradas também. Todas as teorias apresentadas até agora são adequadas para o desenvolvimento de crianças, mas para o adulto é preciso ressaltar a importância das experiências já vividas, porque essas contribuem e muito para facilitar a aprendizagem. Assim, torna-se necessário definir a Andragogia, que se refere à educação de adultos. De acordo com Linderman (1926, p.8-10 apud OLIVEIRA, 2007, p. 2), a Andragogia é descrita como:

[...] a educação de adulto será através de situações e não de disciplina. [...] na educação de adulto o currículo é construído em função da necessidade do estudante. [...] Aprendizagem consiste na substituição da experiência e conhecimento da pessoa. A psicologia nos ensina que, ainda que aprendemos o que fazemos, a genuína educação manterá o fazer e o pensar juntos [...]

Na prática, temos uma educação mais voltada para a experiência e vivência do aprendiz que é capaz de contribuir para a construção de novos conhecimentos. No Brasil, já existe um programa federal voltado para a educação de jovens e adultos (EJA) nas escolas da rede pública.

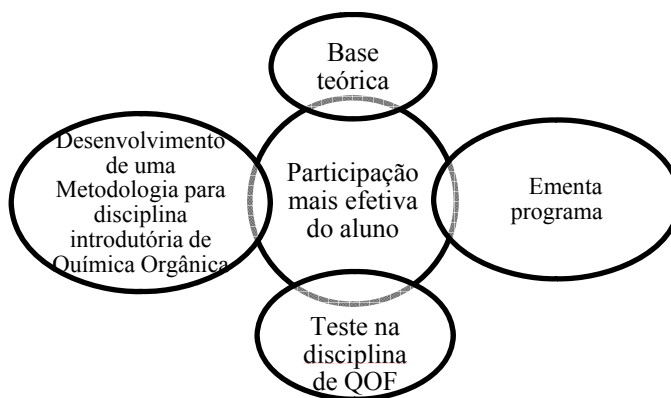
A situação ideal é quando o professor consegue utilizar todas as teorias de aprendizagem, porque a articulação entre as abordagens é que torna a aprendizagem mais eficaz. Esse trabalho não tem a intenção de criar um manual de aplicação dessas teorias, a ideia é propor uma discussão que se adeque ao desenvolvimento e a aplicação de outras metodologias de ensino.

2 METODOLOGIA

As estratégias utilizadas para o desenvolvimento deste trabalho foram em primeira instância a observação e a comparação da disciplina de Química Orgânica Fundamental no primeiro e segundo semestres de 2011 para avaliar o grau de comprometimento da turma, o empenho dos alunos durante as aulas e o resultado nas avaliações. O intuito era perceber as falhas no método de aprendizagem e as lacunas existentes no processo para que elas pudessem ser sanadas. Por isso, o presente trabalho propõe uma metodologia alternativa para uma disciplina introdutória de Química Orgânica. A elaboração de uma ementa programa que apresenta aspectos inspirados no método PBL, visa atingir melhor os alunos e tornar o processo de aprendizagem mais efetivo.

A alternativa metodológica (Figura 2) pensada para a disciplina foi implementada no primeiro semestre de 2012, a turma tem 42 alunos e foi ministrada pela professora doutora Maria Márcia Murta, e tem como base a filosofia cognitivista. Conforme discutido e comentado no capítulo anterior, a filosofia cognitivista tem uma visão mais cognitiva do processo de aprendizagem, ou seja, o aprendizado ocorre por mecanismos cerebrais e suas interpretações, porque existe uma preocupação em explicar como as informações são processadas no cérebro para que haja uma resposta ao estímulo. Na revisão bibliográfica foi citada a visão construtivista incorporada pelo cognitivismo, mas tem as etapas do desenvolvimento humano como base para essa fundamentação teórica. De acordo com a teoria de Ausubel (1982), a aprendizagem deve ser feita por descoberta, que foi chamada por ele de aprendizagem receptiva. Dessa maneira, o aluno desempenha um papel mais participativo, o que desperta nele o interesse de questionar os problemas que foram propostos.

Figura 2: Metodologia alternativa para ensino introdutório de Química Orgânica.



Elaboração própria.

Durante os dois semestres de 2011, a disciplina foi estruturada em três módulos e ao final de cada um deles era aplicada uma prova discursiva abordando o conteúdo ministrado nas aulas. No final do semestre, os alunos se dividiam em grupos para a apresentação de seminários que aconteciam nas últimas semanas de aula, antes da última prova. Os temas eram definidos pelos alunos a partir de algumas orientações dadas pela professora. As sugestões de tema eram retiradas das últimas edições da Revista Fapesp, porque tem um seção sobre Biotecnologia e era uma maneira de mostrar aos alunos a aplicação do conteúdo visto em sala, além de relacionar a teoria com o mercado de trabalho e as diversas linhas de pesquisa na área. A lista de temas utilizadas em 2011 está nos anexos desse trabalho. (Anexo A – Lista de temas sugeridos para os minisseminários de 2011). A menção do aluno era calculada baseada nas notas das provas e na apresentação dos seminários, de acordo com a equação a seguir (Anexo B).

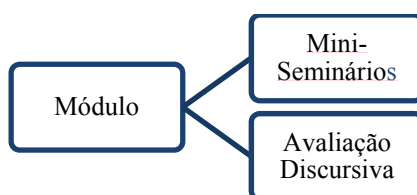
A avaliação final era baseada nos seguintes parâmetros: média de 3 Provas (**Mp**) e Seminário de Grupo (**SEM**)

Para aprovação na disciplina: Obrigatório que a média das provas seja maior ou igual a 5,0.

$$M_p = \frac{1^a P + 2^a P + 3^a P}{3} > 5,0 \quad \text{Média Final} = \frac{M_p + SEM}{2}$$

No 1º semestre de 2012, a dinâmica dos seminários foi diferente. Eles foram distribuídos ao longo do semestre e os temas foram definidos pela professora. Dessa forma, o objetivo era estimular o estudo dos alunos antes mesmo do conteúdo ser abordado em sala, para garantir um envolvimento maior deles e uma participação mais efetiva no processo. O semestre também foi dividido em módulos, mas os seminários foram formatados com questões problemas relacionados ao conteúdo de biotecnologia e química orgânica, sempre utilizando situações e exemplos do cotidiano deles.

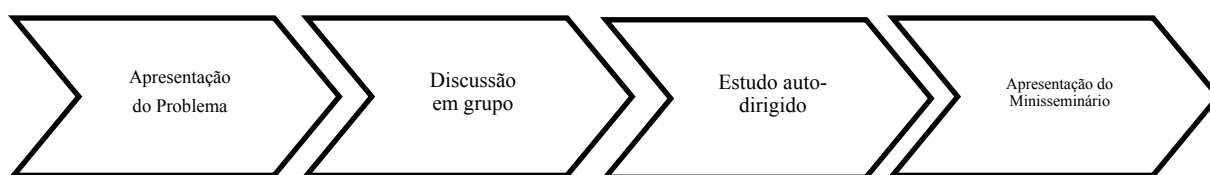
Figura 3: Estrutura dos Módulos.



Elaboração própria.

Para os minisseminários a turma foi dividida em cinco grandes grupos com 10 ou 12 alunos, em média. O problema era apresentado ao final de uma aula de acordo com o planejamento feito previamente e o grupo tinha até a aula seguinte para estudar sobre o tema, porque na aula subsequente eram feitas sessões onde os alunos discutiam o problema e as questões relacionadas para apresentarem na próxima aula. O intuito era apresentar o problema para os alunos estudarem previamente e terem um momento de questionamento com a professora, antes mesmo da apresentação do minisseminário. A apresentação era feita por dois alunos de cada grupo com um tempo médio de 15 a 20 minutos, por isso foram chamados de minisseminários. Os demais alunos do grupo não participaram da apresentação, mas eram questionados sobre o assunto a qualquer momento pela professora. Essas contribuições feitas pelos demais alunos do grupo foram levadas em consideração na participação para o fechamento da nota do semestre.

Figura 4: Dinâmica dos Minisseminários.



Elaboração própria.

As avaliações discursivas permaneceram no programa, mas com um perfil um pouco diferente, já que sempre abordam os assuntos apresentados e discutidos nos minisseminários. As questões da prova foram elaboradas de maneira que os conteúdos abordados na sala e nos minisseminários fossem decisivos para um bom rendimento na avaliação, porque o entendimento dos mesmos facilitava a compreensão do conteúdo e dos mecanismos das reações químicas envolvidas. Dessa forma, a menção do aluno era calculada de acordo com a equação abaixo.

A avaliação final será baseada nos seguintes parâmetros: média de 3 Provas (**Mp**), Apresentação de Minisseminários de Grupo (**SEM**) e Participação nas aulas (**P**).

Para aprovação na disciplina: Obrigatório que a média das provas seja maior ou igual a 5,0.

$$\mathbf{M_p} = \frac{1^a P + 2^a P + 3^a P}{3} > 5,0$$

$$\mathbf{Média Final} = \frac{M_p (x 0,7) + SEM (x 0,2) + P (0,1)}{3}$$

Para a implementação dessa metodologia, foi necessário acompanhar algumas aulas do curso, porque as adequações necessárias foram feitas ao longo do processo, visando a sua melhoria. Para a construção do planejamento das aulas foi necessário dividir o número de aulas de acordo com as atividades desenvolvidas. O 1º semestre de 2012 era composto por 34 aulas, já excluindo os feriados. Para a implementação da metodologia foram separadas 3 aulas para as avaliações discursivas, 10 aulas para a aplicação do método (apresentação dos problemas e discussão em sessões – grupo) e as 21 aulas restantes seriam teóricas para explicação do conteúdo e direcionamento dos trabalhos (miniseminários). A ementa-programa com a metodologia detalhada esta no apêndice deste trabalho (Apêndice B).

A dinâmica do processo foi a seguinte: as aulas iniciais foram a apresentação do curso, da professora e da experiência que seria realizada naquela disciplina. Posteriormente a professora introduziu a disciplina com uma apresentação sobre Matriz Energética para discutir assuntos relacionados à energia, uma maneira de começar a disciplina de forma bastante contextualizada. Após uma breve revisão de conceitos básicos que são pré-requisitos para cursá-la, o primeiro problema foi apresentado aos alunos com o intuito de gerar uma discussão em sala com os conhecimentos prévios a respeito do tema. Na aula seguinte, os alunos novamente discutiram em sala as questões relacionadas ao problema para que na outra aula, o miniseminário fosse apresentado. Porém, essa dinâmica não funcionou muito bem na primeira experiência, porque muitos alunos não haviam estudado sobre o tema, então não tinham condições de estabelecer um diálogo sobre o assunto.

A partir dessa constatação, houve uma mudança de conduta para os demais problemas que seriam utilizados. Os problemas passaram a ser apresentados na aula anterior à discussão, porque já obrigava os alunos a estudarem sobre o tema, antes da sessão com os colegas. Nas aulas seguintes a essa nova abordagem, foi possível perceber um crescimento dos alunos nas discussões em grupo e um rendimento maior para a preparação dos miniseminários. O aproveitamento do processo foi melhor. Nas aulas posteriores à apresentação dos miniseminários a professora fazia um apanhado geral dos assuntos abordados e explicava todos os conceitos relacionados, sendo assim os conteúdos de química orgânica ministrados pela professora. Assim, os alunos tinham uma maior participação nas aulas e um entendimento melhor do assunto, porque já haviam estudado sobre o mesmo. De acordo com a teoria de Bruner (1976), um mesmo conteúdo pode ser visto em vários momentos desde que o seu grau de complexidade seja maior, é o que foi denominado conteúdo em espiral. Nesse

caso, a professora aprofundava todos os temas abordados na apresentação, fazendo com que os alunos complementassem o seu estudo feito previamente para a apresentação do trabalho.

Após a apresentação dos trabalhos, os alunos respondiam as perguntas feitas pela professora e pelos próprios colegas. Assim, a interação na turma era maior.

Terminado o 1º módulo, os alunos fizeram a primeira avaliação que englobava o conteúdo e o tema de dois miniseminários. O resultado da 1ª avaliação em comparação à dos semestres anteriores ilustra uma melhora na aprendizagem, que pode ser atribuída à mudança na dinâmica da disciplina. Essa análise pode ser feita levando em consideração que as questões elaboradas não são idênticas, porém muitas delas apresentam raciocínios bem parecidos, por isso é possível estabelecer uma comparação. Quando passamos para uma análise qualitativa do desempenho dos alunos, é possível perceber uma melhora nas respostas apresentadas, a argumentação utilizada está relacionada ao conteúdo dos miniseminários.

Para quantificar os dados da pesquisa, foi usado o método estatístico para a análise de resultados, onde o critério estabelecido para a construção do gráfico foi um rendimento maior ou igual a 50% em cada questão. Os gráficos foram construídos para facilitar a discussão e análise desses resultados. Ao final de cada módulo, a prova foi aplicada aos alunos e o trabalho de comparação com as avaliações dos semestres anteriores (1º e 2º/ 2011) foi feito. No segundo módulo, a prova foi elaborada com dois temas de miniseminários e a terceira prova é um fechamento da disciplina, por isso foram preparadas cinco questões, cada uma abordando diferentes aspectos do conteúdo de química orgânica contextualizados nos problemas apresentados e discutidos durante o curso. Assim, foi possível fazer uma análise do aproveitamento como um todo da disciplina.

Para avaliar alguns parâmetros qualitativos da implementação da metodologia nessa disciplina, foi aplicado um questionário (apêndice A) ao final do curso para coletar informações dos alunos.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O objetivo do trabalho é avaliar se a metodologia alternativa elaborada e aplicada na disciplina de Química Orgânica Fundamental no 1º semestre de 2012 possibilitou um rendimento melhor dos alunos e um maior aproveitamento deles no aprendizado do conteúdo de química orgânica. Esta proposta foi dividida em três módulos e ao final de cada um deles foi aplicada uma prova discursiva com o intuito de avaliar o rendimento e a aprendizagem dos alunos.

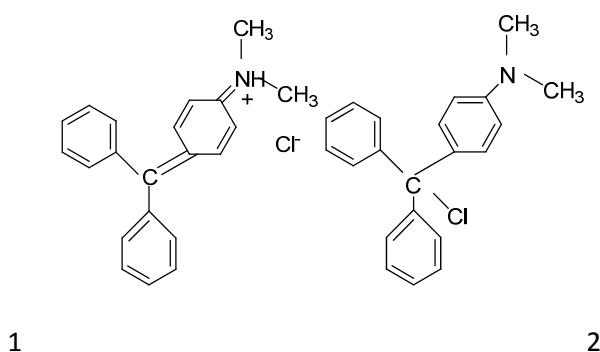
Para a realização dessa análise, foi preciso fazer uma comparação das avaliações feitas pelos alunos de semestres anteriores com as avaliações desse semestre. Como a pesquisa foi aplicada para os alunos do curso de Biotecnologia, em sua maioria, os resultados apresentados nesse semestre já são consequência da adaptação da metodologia que foi inspirada no método PBL e aplicada durante toda a disciplina.

A partir da tabulação dos dados e da relação das questões das provas aplicadas nos três primeiros semestres de Química Orgânica Fundamental para o curso de Biotecnologia, pôde-se fazer a análise a seguir.

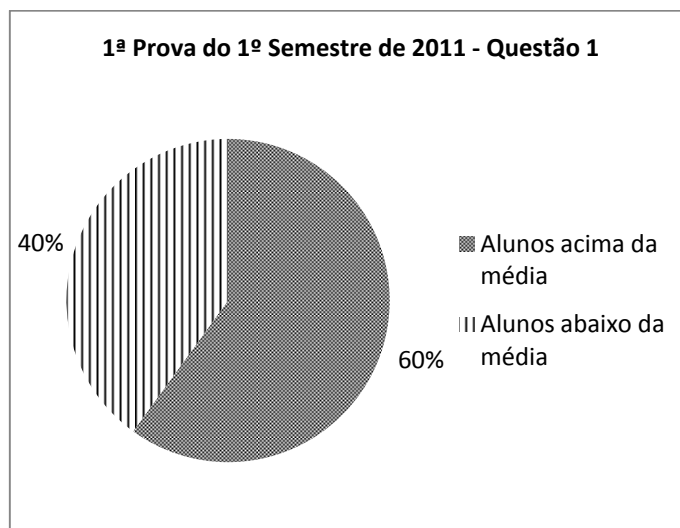
- **Módulo 1**

1ª Prova aplicada para os 45 alunos da disciplina de Química Orgânica Fundamental do 1º Semestre de 2011.

Questão 1 – Alguns pigmentos solúveis em água que emitem no intervalo verde-azul-violeta, são empregados como corantes de alimentos, possuindo estruturas do tipo abaixo (1). Explique, mostrando o diagrama de orbital molecular, porque essa estrutura mostra absorção na faixa de radiação VISÍVEL. Seu análogo (2) será colorido? Explique. (2,5 pontos).



Assuntos relacionados: Transição eletrônica, espectro eletromagnético, modelo quântico, variação de energia e diagrama de Jablonski.

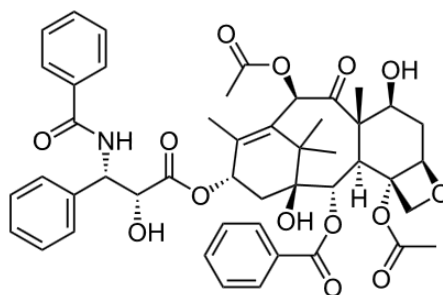


A elaboração desta questão exige um reconhecimento da estrutura química da molécula para explicar o seu comportamento quando exposta à luz visível. O percentual de acerto da questão é superior à média, o que significa um bom entendimento da turma em relação aos seguintes conteúdos: absorção de energia e transição eletrônica. As absorções envolvem quantidades diferentes de energia e interferem no movimento da molécula de diversas maneiras, por exemplo, na rotação ou translação. Quando uma molécula absorve radiação na

faixa do ultravioleta ocorre transições eletrônicas na molécula, de acordo com a sua distribuição de elétrons.

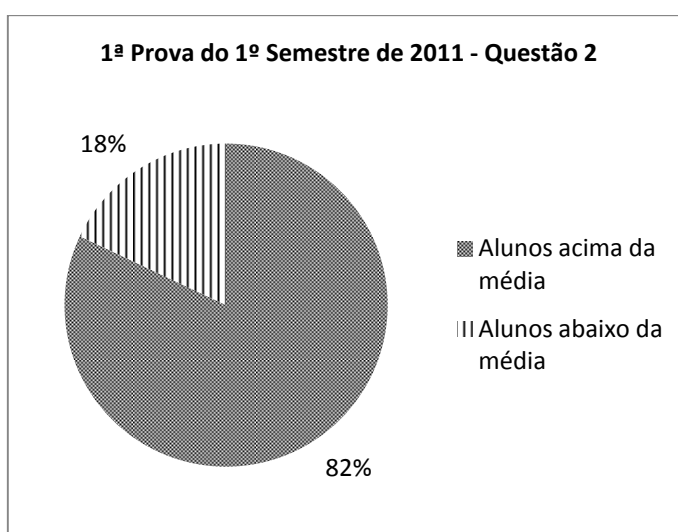
O percentual abaixo da média nessa questão representa 18 alunos, sendo que 11 desses tiraram zero na questão, ou seja, não começaram a desenvolver nenhum tipo de raciocínio ou não construíram uma resposta coerente com o enunciado.

Questão 2 – Muitas substâncias orgânicas que ocorrem na natureza possuem uma multiplicidade de grupos funcionais. Um exemplo é o taxol, extraído das cascas da *Taxusbrevifolia* que apresenta atividade antitumoral para neoplasias de ovário e mama. Identifique todos os grupos funcionais presentes na molécula. Quantos carbonos com hibridização sp^2 e oxigênio sp^2 estão presentes?



Taxol

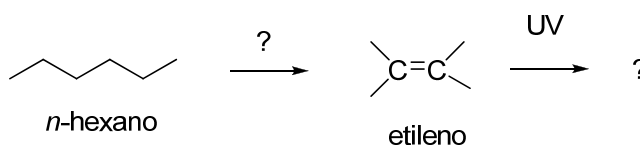
Assuntos relacionados: Funções orgânicas, hibridização e identificação de grupos funcionais.



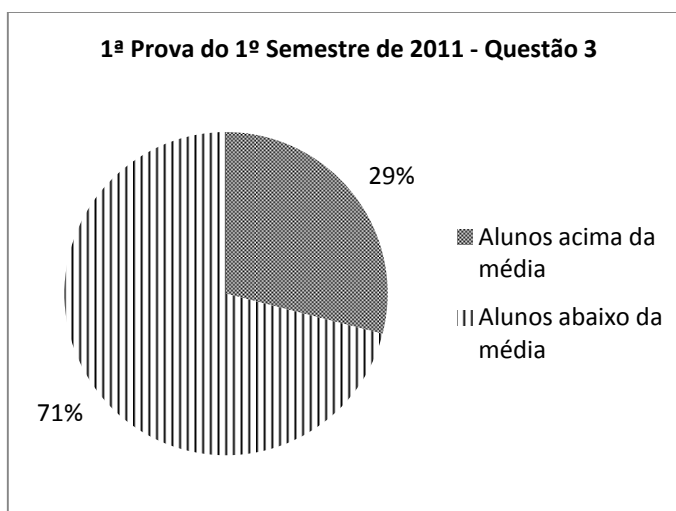
Essa questão teve um excelente resultado, porque o raciocínio envolvido era bastante simples e, normalmente, os alunos já tem esse conhecimento desde o ensino médio. O grau de complexidade da questão é pequeno, porque exige dos alunos uma identificação das funções

orgânicas em uma molécula e dos seus grupos funcionais. O reconhecimento das hibridizações do carbono é que são mais complexas, porque é fundamental entender a diferença entre sp^2 e sp^3 , mas muitos alunos fazem a seguinte associação: o carbono sp^2 faz ligação pi (π), enquanto o carbono sp^3 só faz ligações sigma (σ), porém não explicam o porquê dessa relação. A questão é mais objetiva e direta nas suas respostas e não envolve o mecanismo da reação, o que, geralmente, dificulta bastante a representação para os alunos. Nenhum aluno zerou essa questão, o que reafirma o que foi discutido anteriormente.

Questão 3 – Na indústria petroquímica, o etileno é conhecido como “rei dos petroquímicos” por possuir uma estrutura simples com alta reatividade e por ser facilmente produzido de qualquer fonte de hidrocarboneto por meio de craqueamento, alcançando-se alto rendimento. Mostre o mecanismo detalhado do craqueamento do n-hexano visando à obtenção de etileno. Quais outros produtos?



Assuntos relacionados: Petróleo, reação de craqueamento, funções orgânicas: hidrocarbonetos – alcanos, alquenos, combustível, desproporcionamento, quebra de ligação homolítica e heterolítica.

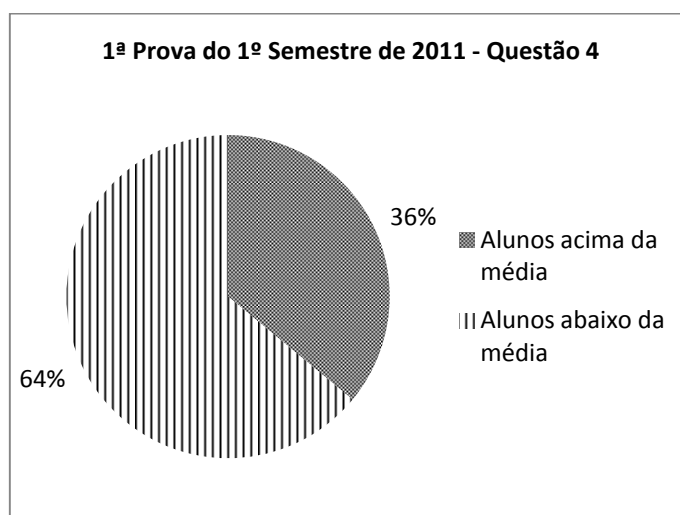


Em uma questão discursiva como esta, é possível notar a queda no rendimento dos alunos. O percentual de acerto é inferior a 30%, o que demonstra a dificuldade que os alunos apresentam de representar equações químicas envolvendo mecanismos de reações, mesmo

sendo de funções orgânicas simples, como os hidrocarbonetos. As estruturas foram apresentadas no enunciado da questão, mas mostrar aonde ocorre a quebra de ligações e a formação das novas, envolve um conhecimento mais específico, para saber se a quebra é homolítica ou heterolítica e se o mecanismo é de desproporcionamento ou recombinação. Muitos alunos não conseguiram diferenciar o tipo de reação, isto é, a causa e as condições em que elas acontecem.

Questão 4 – O etileno assim obtido pode ser polimerizado, empregando-se a radiação ultravioleta como iniciador radicalar. Indique a dupla ligação do etileno via diagrama de orbital molecular no estado fundamental e no estado excitado. Mostre o mecanismo de polimerização com no mínimo 3 monômeros.

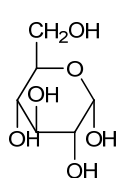
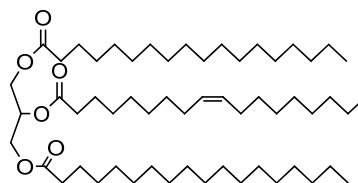
Assuntos relacionados: Reação de polimerização, transição de elétrons, diagrama de orbital molecular e excitação de elétrons.



Esta questão também envolve mecanismos de reação, por isso os resultados foram bastante próximos ao da questão anterior. Dos 64% de alunos com nota abaixo da média, o número de alunos que zerou esta questão representa aproximadamente 47%, um valor bastante significativo. Esse resultado só corrobora a ideia de que as questões que cobram o mecanismo da reação apresentam um rendimento menor que as demais questões. Um dos fatores que pode influenciar nesse resultado é o fato dos alunos não estudarem esse conteúdo no ensino médio, então esse conhecimento será desenvolvido apenas na Universidade.

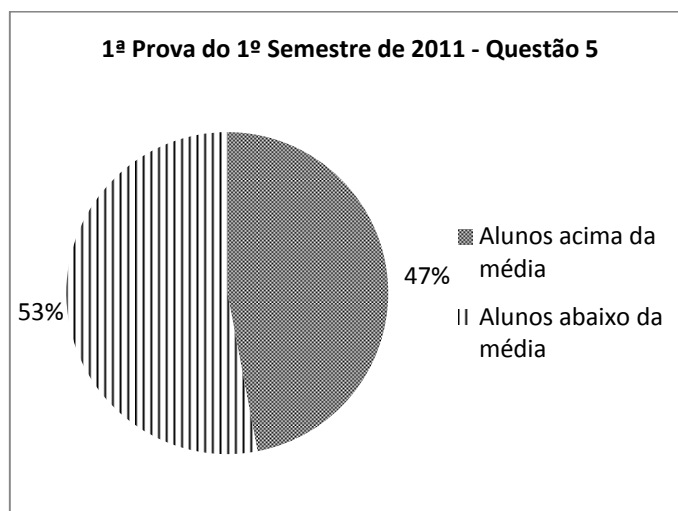
Questão 5 – Grande parte da energia necessária para a manutenção do corpo provém dos carboidratos e gorduras. O organismo aproveita de diferentes maneiras a energia química proveniente dos alimentos: manutenção da temperatura corpórea, movimento muscular, transmissão nervosa, entre outros. A reserva de energia de longa duração é feita pela gordura

caso armazenássemos a energia na forma de carboidrato, teríamos um volume corpóreo cerca de seis vezes maior. A partir da estrutura da α -D-glicose (monômero do amido) e de uma molécula de gordura, explique o volume seis vezes maior, em termos de forças intermoleculares, sabendo-se que somos constituídos de 70% de água. Represente as interações.

 α -D-Glicose

Gordura

Assuntos relacionados: Forças intermoleculares, interação entre moléculas, representação das interações (desenho e configuração das moléculas) e mecanismo de reação química.

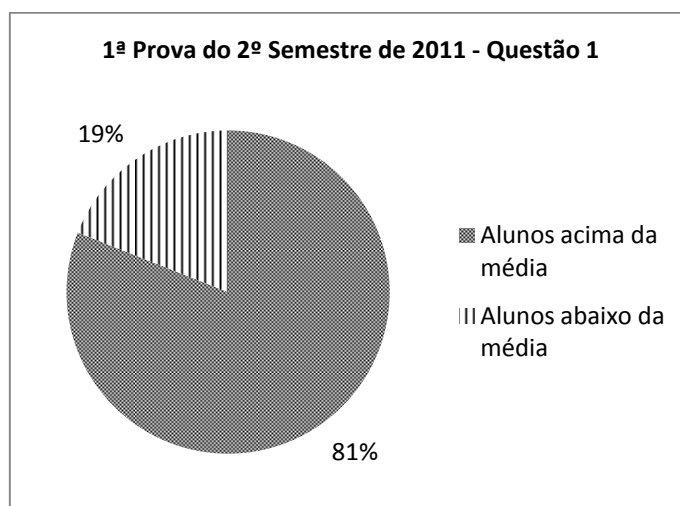


Essa foi a única questão da prova que apresentou percentuais próximos entre acertos e erros. Muitos alunos conseguem definir e explicar as forças intermoleculares e porque elas existem, mas não sabem representar essas interações nas moléculas. Como é uma força, podemos falar em interação entre as moléculas, por isso são necessários símbolos para ilustrar onde essa interação é mais forte, já que é uma atração entre partes da molécula.

1ª Prova aplicada para os 43 alunos da disciplina de Química Orgânica Fundamental do 2º Semestre de 2011.

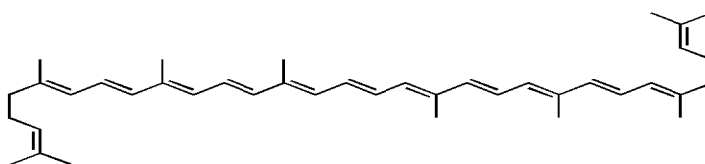
Questão 1 – O modelo atômico desenvolvido a partir da interpretação de Planck do fato de a energia não ser contínua, mas sim se propagar por quanta, estabelecido a partir da relação $E=h\nu$, abriu um vasto campo de pesquisa além de evidenciar a necessidade do desenvolvimento de uma nova mecânica para lidar com os processos físicos que ocorrem no mundo atômico e subatômico, ou seja, em escalas de energia da ordem de quantum ($6,62 \cdot 10^{-34}$ J.s). Um exemplo simples do nosso cotidiano são as luzes de sódio utilizadas na iluminação de rua. Nestas lâmpadas a substância sódio é capaz de emitir luz amarela sob a ação de energia elétrica. Sabendo-se que o número atômico do sódio é 11, indique sua distribuição eletrônica, mostrando o estado excitado, explicitando a relaxação que tem $\lambda = 569$ nm.

Assuntos relacionados: Lâmpada de sódio, transição eletrônica, estado fundamental e excitado e interação matéria-energia.



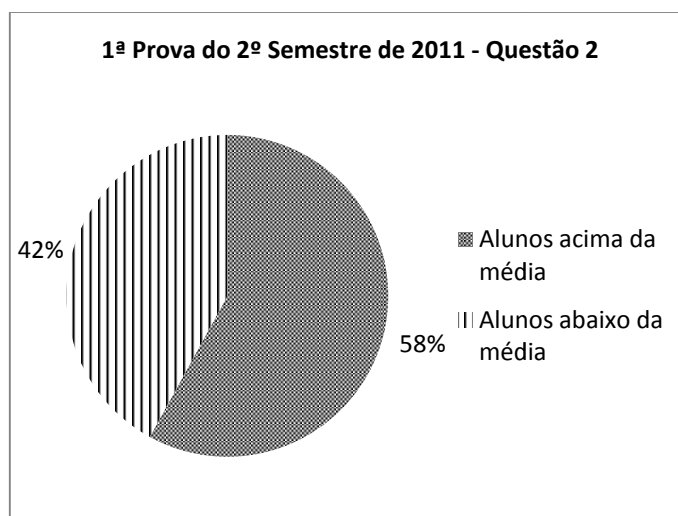
O percentual de acerto da questão foi bastante superior à média, o que significa um bom entendimento da turma em relação aos seguintes conteúdos: absorção de energia e transição eletrônica. A distribuição dos elétrons em níveis de energia e a representação do salto quântico, que é a absorção de energia de um elétron e a ocupação de um novo estado de energia, que configura o estado excitado foram compreendidos pelos alunos. Este apresenta alta instabilidade e, por isso dura pouco tempo, quando o elétron retorna ao estado fundamental, a energia absorvida é liberada na forma de fótons (luz). Esse entendimento os alunos apresentam, porque descreveram com relativa facilidade esse fenômeno. O percentual abaixo da média nessa questão representa 8 alunos, sendo que 6 desses tiraram nota zero na questão.

Questão 2 – Carotenóides ocorrem nos organismos em todo o espectro evolucionário, das bactérias e fungos às plantas e animais complexos. Exemplos são o β -caroteno, que é o precursor da vitamina A, e o licopeno que ocorre nos tomates, na pele de alguns peixes, estrelas do mar, anêmonas, corais e crustáceos. Lagostas, que não são vermelhas *in natura*, quando são cozidas liberam o licopeno que está ligado a proteínas específicas, liberando a cor vermelha. Explique em termos de orbitais moleculares a cor do licopeno, mostrado na estrutura abaixo.



Licopeno

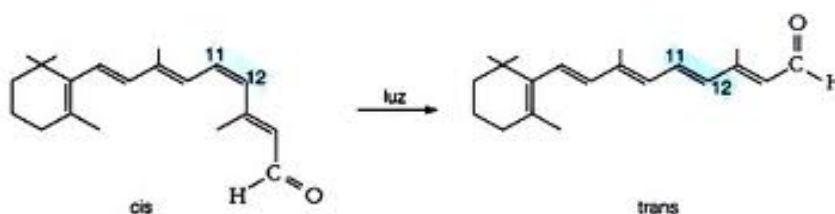
Assuntos relacionados: Orbitais moleculares, formação das cores, ligações duplas conjugadas, HOMO e LUMO.



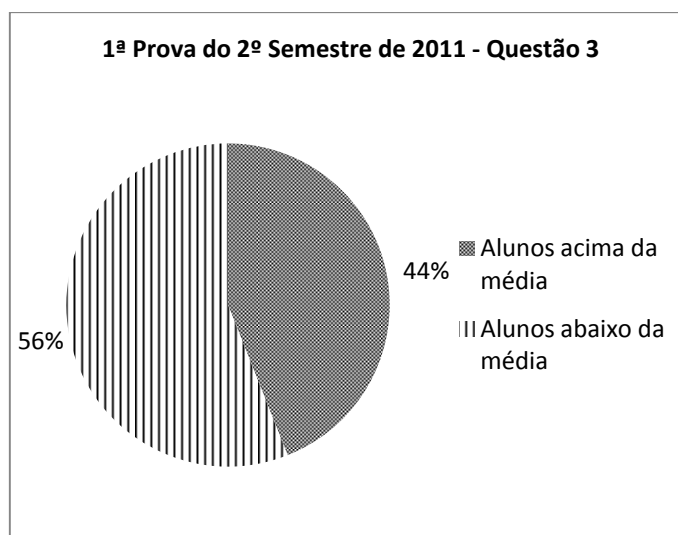
Essa questão da prova apresentou percentuais próximos entre os acertos e os erros. Muitos alunos conseguem representar as ligações químicas utilizando orbitais, para representar a conjugação entre as ligações π (π), porém alguns alunos não conseguem diferenciar os orbitais HOMO e LUMO, por exemplo.

É possível observar a partir dos resultados que quando a questão envolve uma estrutura química ou um mecanismo de reação, o resultado é abaixo da média, ou seja, os alunos apresentam dificuldade de representar o que está acontecendo, em contrapartida, quando a questão é mais descritiva, o rendimento apresentado tende a ser melhor.

Questão 3 – A retina, camada que detecta a luz atrás dos nossos olhos, contém substâncias coloridas chamadas pigmentos visuais. No escuro tais pigmentos são avermelhados e seu nome, rodopsina, vem do grego, e significa cor vermelha; mas a cor, desaparece sob exposição à luz. A molécula de rodopsina é composta de uma proteína (opsina) mais um derivado da vitamina A, chamado 11-*cis*-retinal. No escuro, o 11-*cis*-retinal é estável e se encaixa perfeitamente à opsina. Quando a luz incide na rodopsina, o 11-*cis*-retinal torna-se todo *trans*-retinal e não se encaixa mais na cavidade da opsina. A mudança na conformação da rodopsina é finalmente transmitida às células nervosas e, então, ao cérebro. Mais tarde uma enzima catalisa a mudança de todo *trans*-retinal de volta ao 11-*cis*-retinal. Mostre em termos de orbitais moleculares esta transformação, indicando apenas a ligação C11-C12. Discuta a diferença de estabilidade entre as ligações duplas segundo a geometria *cis*- e *trans*-, indicando o mecanismo radicalar.

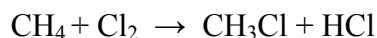


Assuntos relacionados: Isomeria *cis* e *trans* e mecanismo da visão.



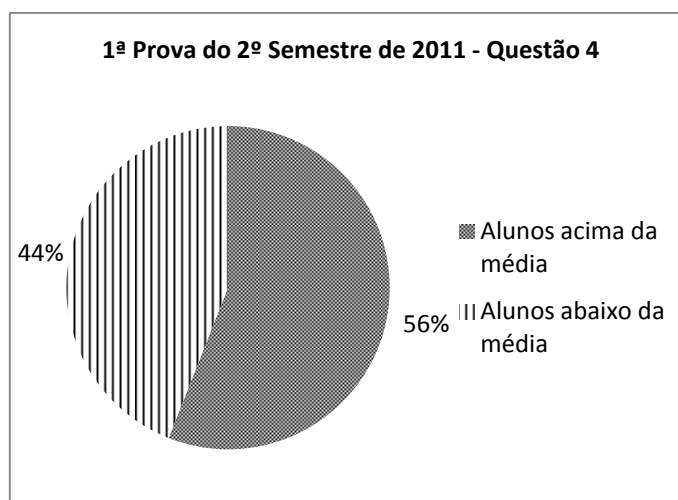
A isomeria *cis* e *trans* é ensinada no ensino médio, por isso muitos alunos já sabem diferenciar essas moléculas observando as suas estruturas, mas em uma questão como essa, o raciocínio envolvido vai além da identificação dos substituintes do carbono da dupla ligação, porque é necessário explicar o mecanismo radicalar.

Questão 4 – Quando uma mistura de metano e Cl_2 é aquecida até cerca de $120\text{ }^\circ\text{C}$ uma reação altamente exotérmica ocorre:



Esta reação é um processo industrial importante para a preparação de cloreto de metila, mas tem utilidade limitada para uso em laboratório. O mecanismo de reação é um mecanismo em cadeia, envolvendo uma etapa de iniciação, duas etapas de propagação efetivas e duas etapas de terminação. Sabendo-se que: $\Delta H^\circ = + 8,5\text{ kJ.mol}^{-1}$ para a formação do radical CH_3^\cdot e $\Delta H^\circ = - 112\text{ kJ.mol}^{-1}$ para a formação de CH_3Cl , as duas etapas de propagação, calcule o ΔH° da reação total. Explícite todas as etapas da reação em cadeia e, usando os dados das entalpias de reação e das energias de ativação, delineie o seu perfil energético. Dados: $E_{a1} = 17\text{ kJ.mol}^{-1}$ e $E_{a2} = 8,5\text{ kJ.mol}^{-1}$.

Assuntos relacionados: Reação de halogenação de alcanos, energia de ligação, entalpia da reação e lei de Hess, gráfico de energia e reações endo e exotérmicas.

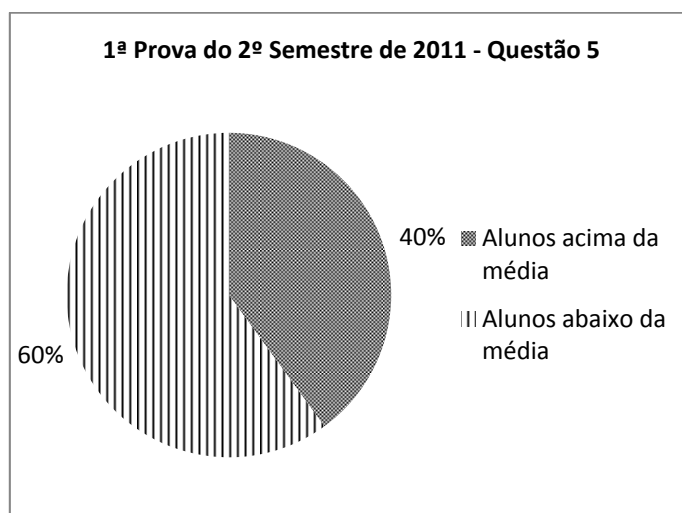


Esta questão da prova apresentou percentuais próximos entre os acertos e os erros. Assim como todas as questões que envolvem reações químicas. Para conseguir responder a essa questão, o aluno deve estar apto a representar todas as equações químicas de formação das substâncias para poder aplicar a Lei de Hess. O somatório das etapas permite concluir qual a equação química final da reação, ou seja, a representação dos reagentes e produtos. A partir do cálculo da variação de entalpia da reação é possível fazer a representação gráfica, determinando se o processo é endotérmico ou exotérmico, isto é, se a energia é absorvida ou liberada.

A questão envolvia muitos passos para a sua resolução, apesar de ser um conteúdo abordado desde o ensino médio, 14 alunos tiraram nota zero, o que representa 32,56%, aproximadamente.

Questão 5 – A fração do petróleo que encontra uma maior aplicabilidade é aquela entre C6 e C9 da qual se extrai a gasolina. Como os poços de petróleo possuem composição variável, aqueles ditos poços de petróleo pesado são os menos interessantes pois é necessário efetuar-se o craqueamento ou pirólise das frações mais pesadas. O craqueamento envolve o uso de catalisadores a altas temperaturas. Mostre, a partir do heptano, as reações de possíveis recombinações e uma de desproporcionamento para a formação do eteno (etileno, $\text{CH}_2=\text{CH}_2$) e do propeno (propileno, $\text{CH}_3\text{-CH}=\text{CH}_2$). Explícite ao menos uma desvantagem do petróleo pesado em termos de custos operacionais.

Assuntos relacionados: Petróleo; reações de craqueamento, combustível e quebra de ligação.



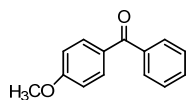
Esta questão é bastante próxima à questão três da prova do 1º/2011. O raciocínio envolvido é semelhante, mas o rendimento apresentado nessa avaliação foi um pouco melhor. Na anterior, os alunos acima da média representaram apenas 29%. Essa melhora pode ser atribuída a diferentes fatores, levando em consideração que as turmas mudam muito de um semestre para outro, mas os alunos que são aprovados na metade do ano, muitas vezes passaram por um semestre de cursinho, o que torna o estudo mais comprometido e naturalmente possibilita o amadurecimento do aluno.

O resultado abaixo de 50% pode ser explicado pela dificuldade que os alunos apresentam de representar equações químicas envolvendo mecanismo de reações, como já foi mencionado anteriormente. Como na segunda parte da questão existe uma pergunta descritiva

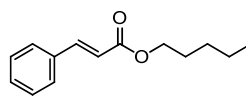
(Explicita ao menos uma desvantagem do petróleo pesado em termos de custos operacionais) facilita a elaboração de uma resposta argumentativa do aluno, mesmo que não consiga desenhar as estruturas e representar os seus mecanismos. Talvez essa seja a diferença observada no resultado das questões comparadas aqui.

1ª Prova aplicada para os 42 alunos da disciplina de Química Orgânica Fundamental do 1º Semestre de 2012.

Questão 1 – A barreira de rotação das ligações simples C-C é da ordem de 15 kJ.mol^{-1} de energia, que é alcançada à temperatura ambiente, fornecida pela radiação visível. Já no caso de alquenos, a barreira rotacional é da ordem de 271 kJ.mol^{-1} . Analisando-se o espectro eletromagnético, observa-se que a faixa da radiação corresponde a essa diferença de energia é do ultravioleta. Sabendo-se que na formulação de protetores solar encontram-se compostos tais como oxibenzona (1) e o cinamato de n-hexila (2), entre outros, explique em termos do modelo de orbitais moleculares por que tais compostos cumprem a função de proteger a pele durante a exposição solar.

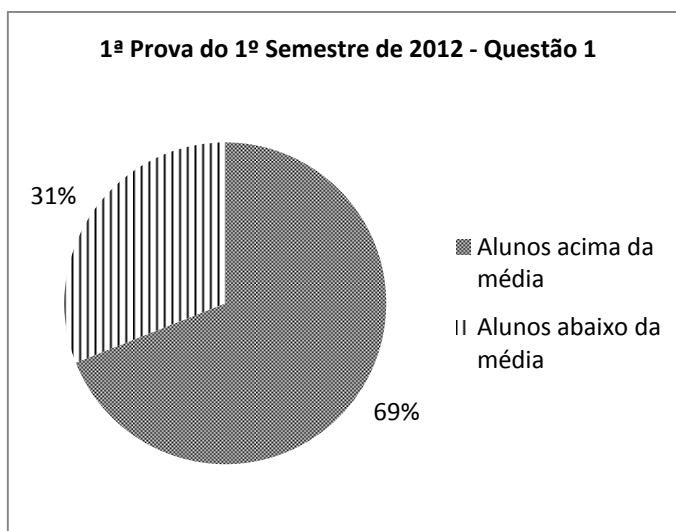


1



2

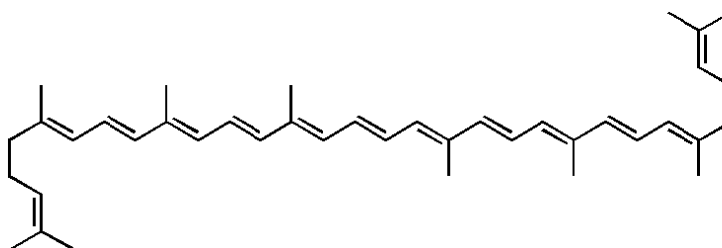
Assuntos relacionados: transição eletrônica e modelo de orbitais moleculares.



A primeira questão da prova está relacionada diretamente com o assunto do segundo miniseminário apresentado na disciplina. O rendimento da turma foi superior comparado a questões de provas de semestres anteriores que envolvem o mesmo raciocínio, como é o caso da questão dois da prova do 2º/2011, que teve 58% de alunos acima da média.

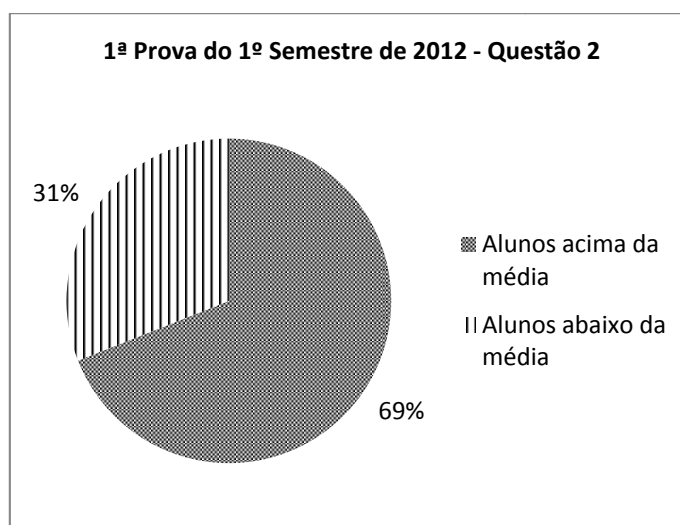
A melhora no resultado de uma questão como essa pode ser atribuído à contextualização do assunto, já que protetores solares e exposição à luz foram assuntos amplamente discutidos em sala. Outro fator contribuinte para essa melhora pode ser o fato do aluno estudar previamente esse conteúdo, facilitando a sua apresentação no minisseminário, além de torná-lo mais ativo no processo de aprendizagem.

Questão 2 - Carotenóides ocorrem nos organismos em todo o espectro evolucionário, desde bactérias e fungos até plantas e animais complexos. Um exemplo é β -caroteno, um precursor da vitamina A, e também o licopeno, que ocorre no tomate e nas frutas vermelhas. Os carotenóides também estão presentes na biologia marinha, por exemplo, na pele dos peixes, estrelas do mar, anêmonas, corais e crustáceos. Em geral, os carotenóides estão acoplados a uma proteína. O aquecimento da água desnatura a proteína durante o cozimento, liberando o licopeno revelando a cor vermelha, como é o caso da lagosta e de alguns camarões. Usando o espectro eletromagnético e o modelo de orbitais moleculares, explique a cor vermelha do licopeno em termos de transições eletrônicas, a partir de sua estrutura:



Licopeno

Assuntos relacionados: transição eletrônica e espectro eletromagnético.

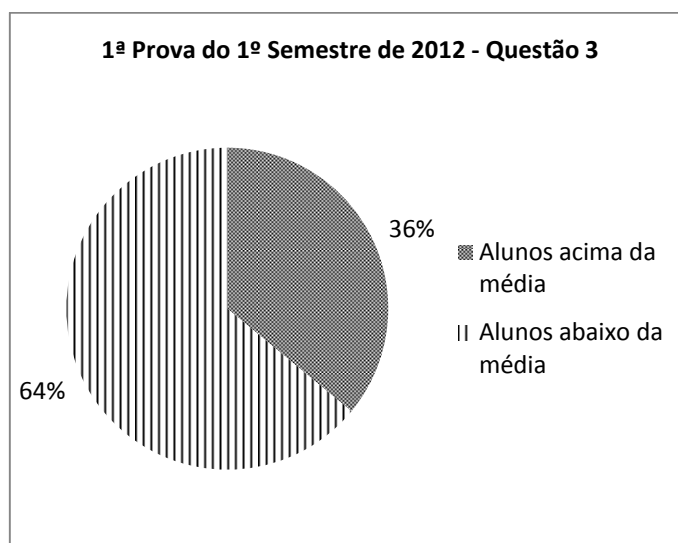


Esta questão intencionalmente foi a mesma utilizada na prova do 2º/2011 (questão dois), para que a comparação dos resultados fosse mais precisa. No 2º/2011, o índice de

acerto foi de 58% e no 1ª/2012 foi de 69%, essa melhora também pode ser atribuída às pequenas alterações feitas na dinâmica da disciplina, porque tornou a participação dos alunos mais efetiva e, conseqüentemente o rendimento da turma melhora, já que o grau de comprometimento dos alunos é maior.

Questão 3 - A fração de petróleo que encontra uma maior aplicabilidade é aquela entre C6 e C9, da qual se extrai a gasolina. Como os poços de petróleo possuem composição variável de alcanos, os poços que são ricos em petróleo pesado são menos interessantes. A reação de craqueamento ou pirólise das frações mais pesadas envolve o uso de catalisadores e altas temperaturas. Mostre, a partir do hexano, o mecanismo das reações de desproporcionamento que levam à formação do eteno (etileno, $\text{CH}_2=\text{CH}_2$) e do propeno (propileno, $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CH}_2$). Explique ao menos uma desvantagem do petróleo pesado em termos de custos operacionais.

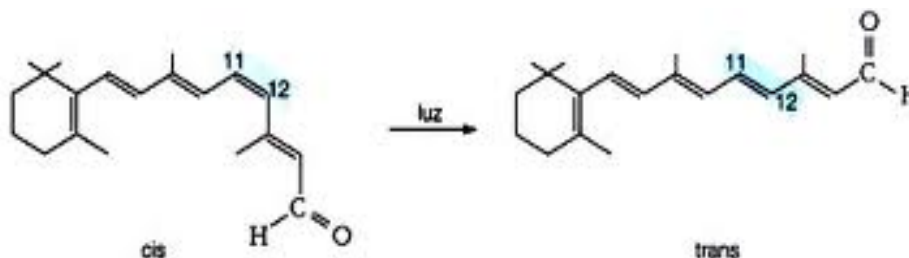
Assuntos relacionados: Petróleo: reações de craqueamento, combustível e quebra de ligações.



Essa questão é bastante próxima da questão três da prova do 1º/2011 e idêntica à questão cinco da prova do 2º/2011. Portanto, o raciocínio envolvido é semelhante e o rendimento variou de 29% a 40%, sendo sempre inferior a 50%. O que pode ser explicado pela dificuldade que os alunos apresentam de representar equações químicas envolvendo mecanismo de reações.

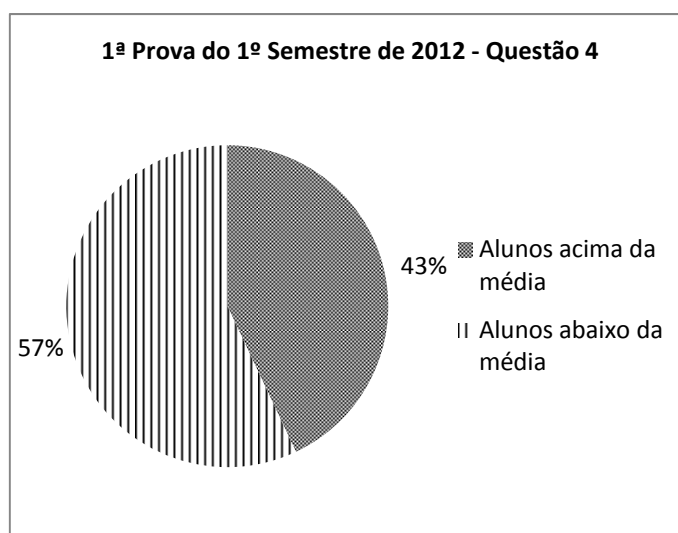
A questão apresenta alguma relação com o tema do primeiro miniseminário que foi sobre biocombustíveis, mas o petróleo, por ser uma fonte não renovável não foi bastante abordado, já que o foco era falar de fontes alternativas para produção de energia. Os alunos tiveram dificuldade de representar a reação de craqueamento.

Questão 4 - A retina, a camada que detecta a luz atrás dos nossos olhos, contém substâncias coloridas chamadas de pigmentos visuais. No escuro estes pigmentos são avermelhados e seu nome, rodopsina, vem do grego que significa cor vermelha, mas a cor desaparece sob exposição à luz. A molécula de rodopsina é composta de uma proteína (opsina) mais um derivado da vitamina A, chamado 11-*cis*-retinal.



No escuro, o 11-*cis*-retinal é estável e se encaixa perfeitamente à opsina. Quando a luz incide rodopsina, o 11-*cis*-retinal torna-se todo *trans*-retinal e não se encaixa mais na cavidade da opsina. A mudança na conformação da rodopsina é finalmente transmitida às células nervosas e, então, ao cérebro. Mais tarde uma enzima catalisa a mudança de todo *trans*-retinal de volta ao 11-*cis*-retinal. Mostre em termos de orbitais moleculares esta transformação, indicando apenas a ligação C11-C12. Discuta a diferença de estabilidade entre as ligações duplas segundo a geometria *cis*- e *trans*-, indicando o mecanismo radicalar.

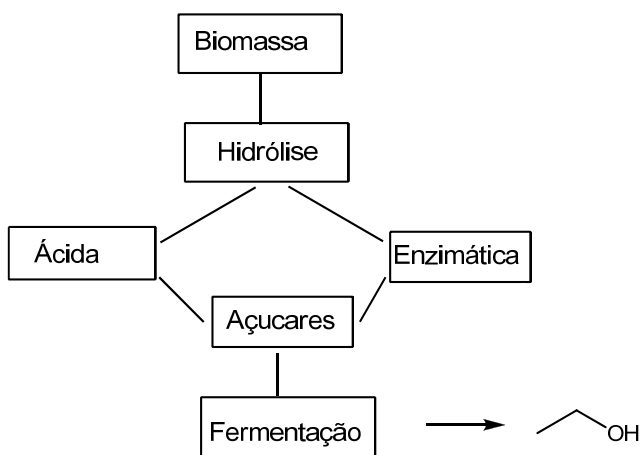
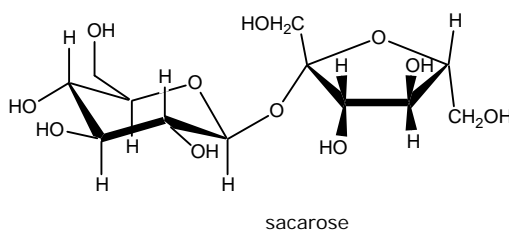
Assuntos relacionados: Isomeria *cis* e *trans* e mecanismo *cis* e *trans* da visão.



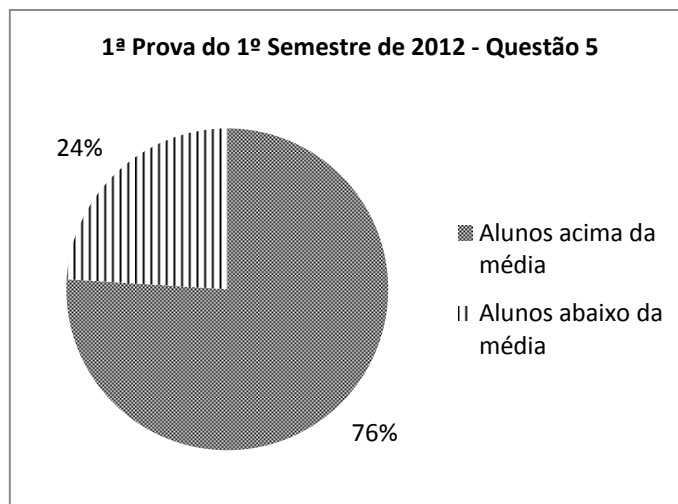
É possível fazer uma comparação desse resultado com o apresentado na questão três da prova do 2º/2011, porque são iguais e o rendimento foi semelhante. Para responder corretamente a questão era necessário saber da existência dos pigmentos visuais na retina, mais especificamente a rodopsina que desaparece quando exposta à luz. Assim, no escuro, o

11-*cis*- retinal é estável e se encaixa perfeitamente à opsina, mas quando a luz incide sobre a rodopsina, o 11-*cis*- retinal torna-se todo *trans*-retinal e não se encaixa mais na cavidade da opsina. Essa mudança na conformação da rodopsina é transmitida às células nervosas e, então, ao cérebro. Mais tarde uma enzima catalisa a mudança do todo *trans* retinal de volta ao 11-*cis*-retinal. Além da mudança na conformidade da molécula, o aluno precisava saber como funciona o mecanismo da visão.

Questão 5 - A molécula de sacarose corresponde ao nosso açúcar de mesa que é produzido a partir da cana de açúcar. Após fermentação do caldo produz etanol. Discuta do ponto de vista da biotecnologia as vantagens econômicas e ambientais da produção de etanol a partir da biomassa.



Assuntos relacionados: Tema dos seminários de biocombustíveis, produção de energia, fontes renováveis de energia e reações de obtenção do etanol.



O resultado apresentado nesta questão foi excelente, próximo ao esperado, já que está relacionada ao tema do primeiro miniseminário apresentado na disciplina. Como a questão é discursiva, o rendimento dos alunos é melhor, porque conseguem relacionar as ideias e argumentar os aspectos químicos e biotecnológicos envolvidos na produção de biocombustíveis.

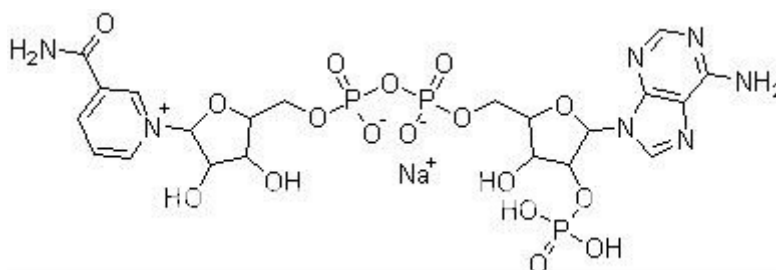
A partir da análise da primeira prova aplicada para os calouros do curso de Biotecnologia na disciplina de Química Orgânica Fundamental, é possível perceber que muitos alunos ingressam na universidade com uma boa base de conteúdo, isto é, tiveram uma preparação razoável no ensino médio, mas existem situações que são inevitáveis, porque muitos conceitos são apresentados na Universidade e tudo que é novo para os alunos se torna mais difícil e, muitas vezes complicado, mas é preciso dividir bem as questões da prova para atingir o número máximo de alunos e estimular o estudo, porque a nota ainda é um incômodo para muitos, já que ela traduz o rendimento do aluno, utilizando apenas um mecanismo de avaliação. Por isso, é interessante complementar essa avaliação com outras formas, os seminários que foram apresentados pelos alunos nesse semestre, por exemplo.

Com essa análise, foi possível concluir que os alunos apresentam, de uma maneira geral, mais dificuldade em questões que é preciso fazer as representações das estruturas químicas e desenhar os mecanismos das reações. Ao comparar as respostas escritas dos alunos, pode-se observar uma melhora no vocabulário e na compreensão do conteúdo como um todo, claro que apenas esse instrumento não é suficiente para atribuir essa melhora apenas ao fato da disciplina ter sido repensada para o 1º/2012.

- **Módulo 2**

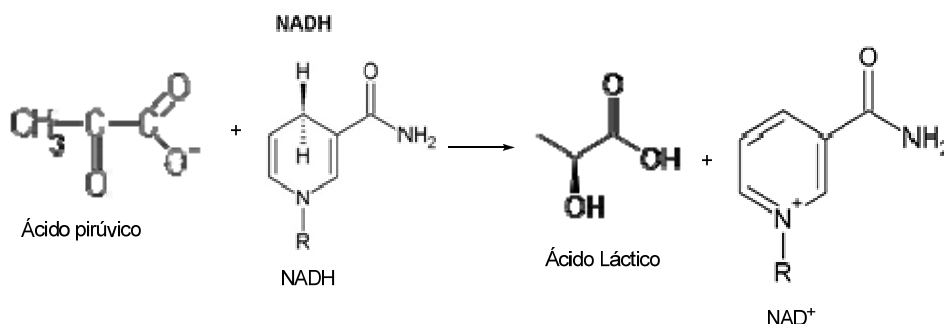
2ª Prova aplicada para os 46 alunos da disciplina de Química Orgânica Fundamental do 1º Semestre de 2011.

Questão 1-Enzimas do grupo *oxiredutases*, são aquelas que catalisam reações de oxidação e redução. Em geral, tais enzimas necessitam de um co-fator para funcionar, NAD^+ é um dos co-fatores que participam da reação total.



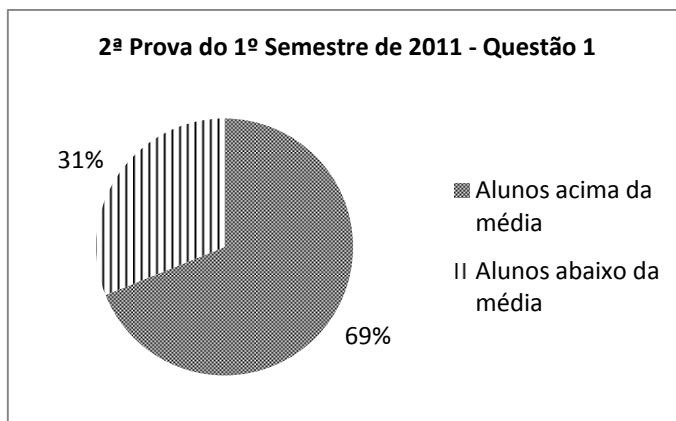
NAD^+ (Nicotinamida dinucleotídeo)

Uma das últimas reações da glicólise é a formação do piruvato, que em determinadas situações, é reduzido ao lactato pela enzima lactatodesidrogenase com a participação do co-fator.



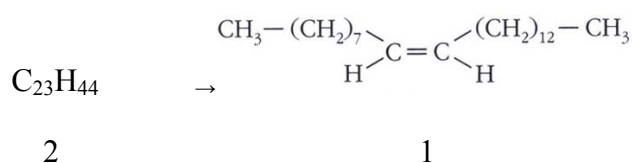
Em ambos os lados da equação indique as espécies reduzidas e oxidadas. Estabeleça a estereoquímica absoluta (*R* ou *S*) no estereocentro do lactato.

Assuntos relacionados: reações de oxirredução e estereoquímica da reação.

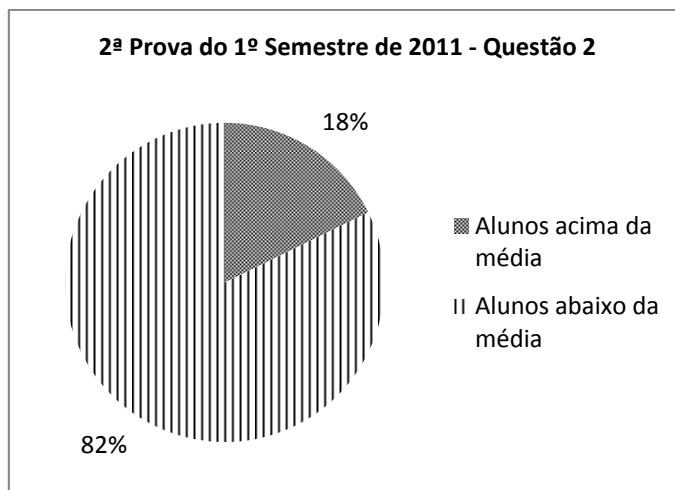


A questão teve um bom rendimento dos alunos, levando em consideração que 44,44% obtiveram nota máxima. Esse resultado permite inferir que os alunos tiveram boa compreensão dos seguintes conteúdos: identificação de agente redutor e agente oxidante e estereoquímica *R* e *S* dos produtos, reforçando o que já foi diagnosticado no módulo 1, existe uma dificuldade maior nas questões que exigem um raciocínio mais elaborado e um desenvolvimento das reações a partir do seu mecanismo.

Questão 2- Insetos emitem substâncias para se comunicarem com membros da mesma espécie. Tais substâncias são denominadas feromônios. A fêmea da mosca da fruta emite feromônio sexual 9-tricoseno (1). Tal feromônio pode ser preparado a partir do alquino (2), mostrado na equação abaixo. Indique qual o reagente A e a geometria *cis* ou *trans* da dupla ligação. Justifique tal geometria pelo mecanismo da reação.

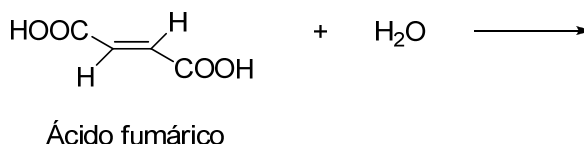


Assuntos relacionados: geometria *cis* e *trans*, mecanismo da reação e reação de alquinos.

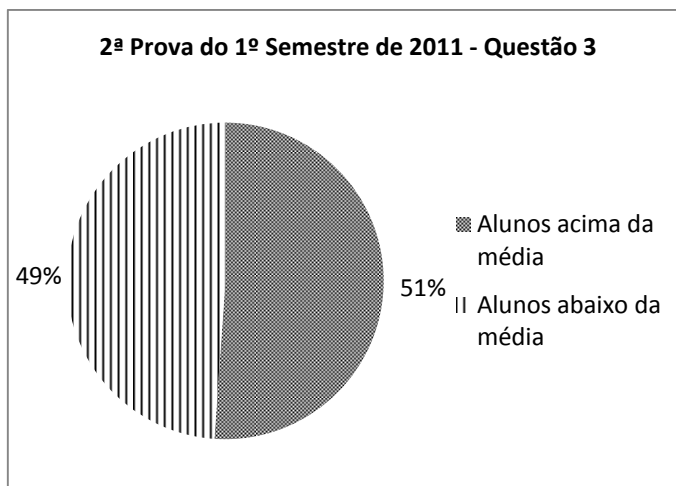


O resultado dessa questão mostra claramente a dificuldade apresentada pelos alunos em desenvolver o mecanismo de reações químicas, isso já foi discutido em questões anteriores. Esta apresenta uma semelhança com a questão 4 da primeira prova aplicada para os alunos do 1º semestre de 2012 e com a questão 3 da primeira prova do 2º semestre de 2011, onde o resultado apresentado também foi inferior à média. O contexto nessas questões não foi o mesmo, mas existe uma semelhança nos assuntos abordados, por isso é possível estabelecer uma comparação. A melhora do resultado pode ser atribuída ao aprofundamento de um conteúdo que já havia sido estudado no primeiro módulo. Segundo Bruner, a aprendizagem se torna mais efetiva quando um mesmo conteúdo é visto mais de uma vez com diferente grau de dificuldade, o que na sua teoria ficou conhecido como currículo em espiral.

Questão 3- A hidratação do ácido fumárico, uma das etapas do ciclo do ácido acético (Krebs), catalisada pela enzima fumarase fornece um único produto com estereoquímica definida. Quando a reação é realizada em laboratório, uma mistura de 2 estereoisômeros é obtida. Mostre os produtos e estabeleça a estereoquímica absoluta (R ou S) de cada uma deles.



Assuntos relacionados: reação de hidratação de alqueno em meio ácido, mistura racêmica e estereoquímica.

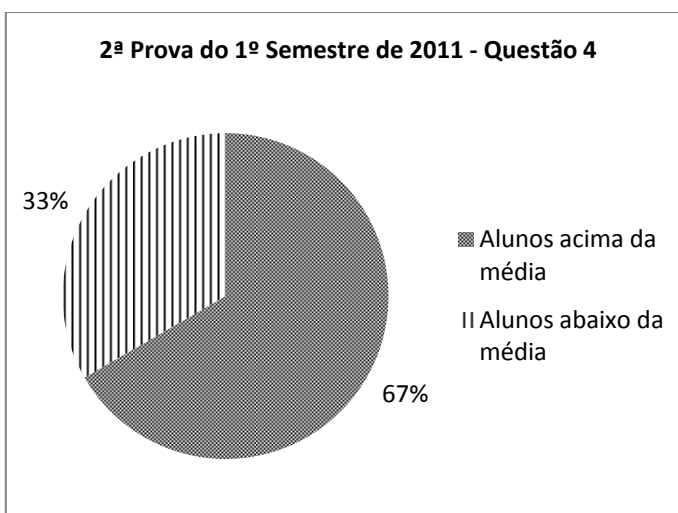


Essa questão teve um resultado bastante equilibrado, levando em consideração que os percentuais foram bem próximos. Dos alunos que obtiveram nota superior à média, podemos destacar que 22,22% obtiveram nota máxima, em contra partida, 37,77% obtiveram nota zero nessa questão, ou seja, o rendimento foi dividido na turma. O raciocínio dessa questão envolve reações químicas, mas as reações de adição a alquenos são bastante estudadas na disciplina e apresentam um mecanismo mais simples que outras reações também estudadas ao longo do semestre, talvez por isso, o resultado apresentado tenha sido razoável.

Questão 4- A adição de HBr a alquenos fornece o correspondente haleto de alquila com excelente rendimento. Na equação abaixo, mostre o produto formado, o perfil energético da reação e o mecanismo detalhado. Indique a nomenclatura IUPAC do reagente e produto.



Assuntos relacionados: Reação de alqueno com adição de HBr, mecanismo de reação, perfil energético e nomenclatura de compostos orgânicos.



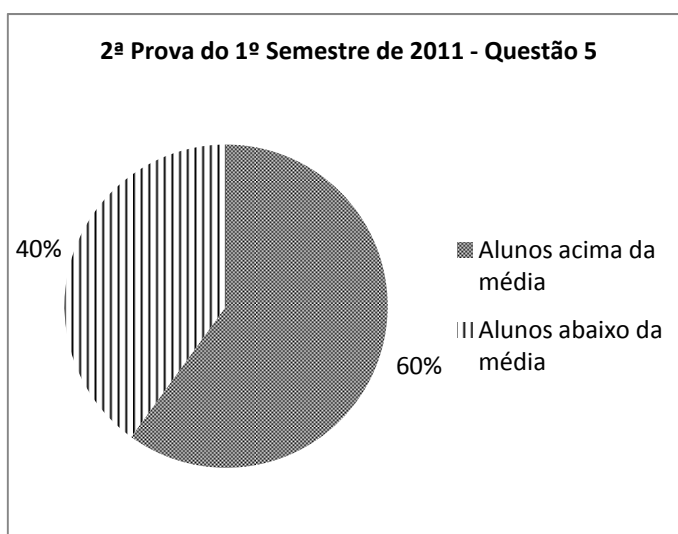
De acordo com os assuntos relacionados, é possível perceber que essa questão envolve várias etapas, por isso fica mais fácil estabelecer uma grade de correção à medida que o raciocínio vai sendo desenvolvido, assim o critério fica mais detalhado e cada etapa pode ser melhor avaliada pelo professor. Esse tipo de questão ajuda o aluno a desenvolver melhor a sua resposta, porque o próprio enunciado estrutura o seu pensamento, talvez por isso, podemos observar um percentual tão alto de alunos que gabaritaram essa questão (33,33%). Dentre os alunos que obtiveram nota inferior à média, 22,22% tiraram nota zero. Com esse resultado, é possível observar uma melhora dos alunos em algumas questões que exigem o desenvolvimento do mecanismo da reação química, apesar de ser um dos conteúdos que ainda trazem maior dificuldade de compreensão nesta disciplina.

Questão 5- A manutenção do pH sanguíneo em torno de 7,4 é um fator vital para o organismo. Dentre os sistemas tampão que atuam no sentido de preservar esse valor, está o sistema gás carbônico bicarbonato. Sabendo-se que o pK_a da primeira dissociação do ácido carbônico é 6, indique na equação de Henderson e Hasselbach, a razão entre $[H_2CO_3]$ e $[HCO_3^-]$,



Usando ambas as equações acima, justifique a acidose e alcalose respiratória apresentada sobre o equilíbrio de Le Chatellier.

Assuntos relacionados: equilíbrio químico, pH e pK_a e sistema tampão.

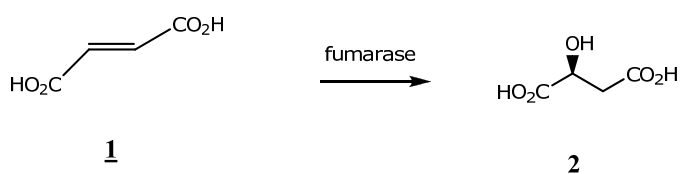


Essa questão apresenta um conteúdo um pouco mais diversificado do que o abordado nas demais questões dessa prova. O rendimento apresentado foi superior à média e 26,66% dos

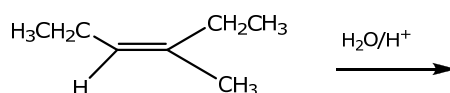
alunos gabaritaram essa questão. O raciocínio da equação exige a montagem de uma equação matemática que relaciona a concentração dos produtos e reagentes para determinar o pK_a da reação, assim o aluno usa outros conteúdos para desenvolver a questão. A parte teórica do princípio de Le Chatellier exige uma análise da reação química e das condições da mesma, mas não é necessário desenhar o mecanismo dessa reação.

2ª Prova aplicada para os 41 alunos da disciplina de Química Orgânica Fundamental do 2º Semestre de 2011.

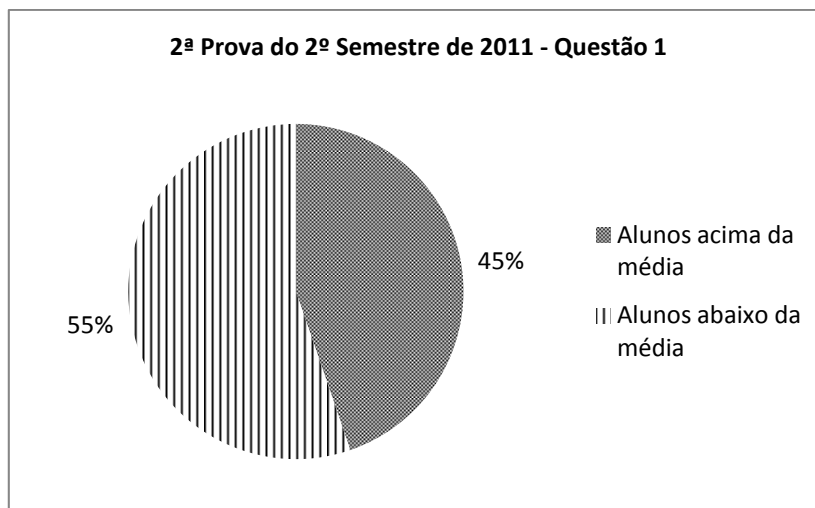
Questão 1- A reação de adição de água a olefinas é muito útil tanto do ponto de vista da síntese orgânica quanto do metabolismo. Por exemplo, em uma das etapas do ciclo do ácido cítrico (Krebs) a reação de adição de água ao ácido fumárico (1), catalisada pela fumarase, fornece um único enantiômero do ácido málico (2). (eq. 1). Indique a estereoquímica absoluta (R ou S) do ácido málico.



Em procedimento de laboratório, a adição de água a alquenos emprega H^+ como catalisador. Mostre o mecanismo detalhado da reação indicada na eq. 2 abaixo, indicando o perfil energético com os respectivos estados de transição e intermediários. O produto formado possui um estereocentro. Avalie a rotação específica $[\alpha]_D$ do produto.

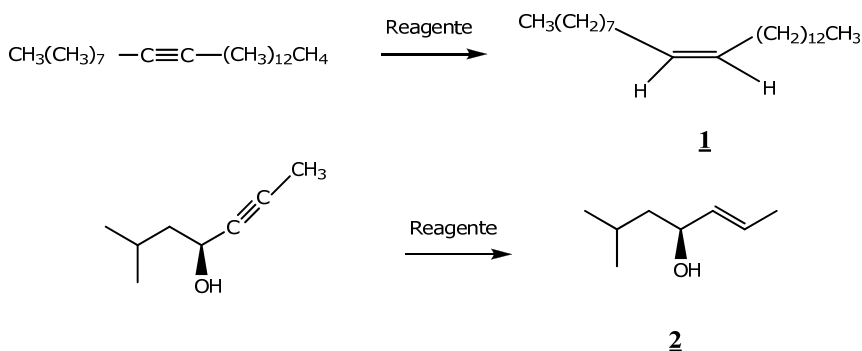


Assuntos relacionados: Reação química: adição de água em alqueno em meio ácido, perfil energético da reação, estereoquímica e identificação de estereocentro.

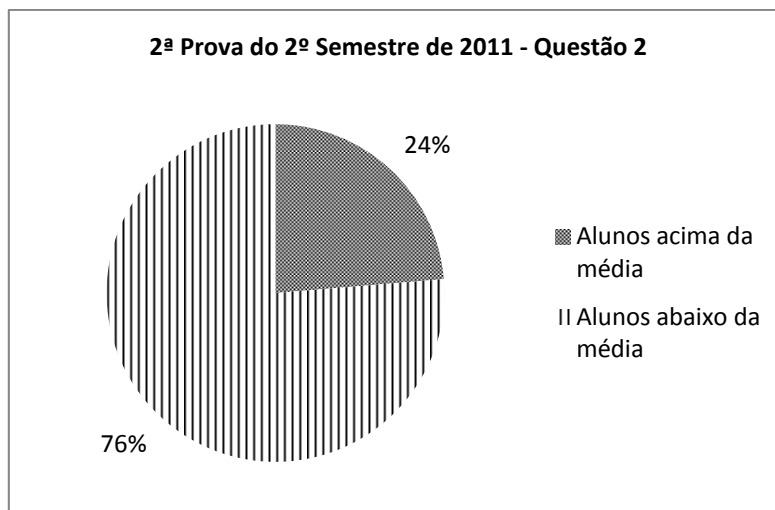


O resultado desta questão foi inferior em 6% ao apresentado na terceira questão da 2ª prova do 1º/2011. Existem algumas diferenças no grupo de alunos de um semestre para o outro, então não é possível explicar esses percentuais analisando apenas o rendimento nessa questão. O raciocínio exigido nesta envolve o mecanismo de reações de alquenos, que dentre os mecanismos estudados em uma disciplina introdutória de química orgânica, poderia dizer que está entre os mais simples.

Questão 2 – Feromônios são substâncias que os insetos utilizam para comunicação intra-específica. O feromônio sexual da mosca da fruta, *cis*-9-tricoseno (1) pode ser preparado a partir do alquino correspondente. Da mesma forma o rincoforol (2), feromônio de agregação do besouro *Rhynchophorus palmarum*, que causa contaminação nas plantações de coco, também pode ser sintetizada a partir do alquino correspondente. Nas equações abaixo indique: os reagentes necessários para se realizar as transformações e o mecanismo detalhado da reação.

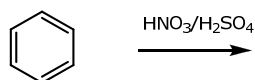
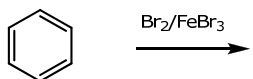


Assuntos relacionados: Reação química de alquinos e mecanismo de reação.

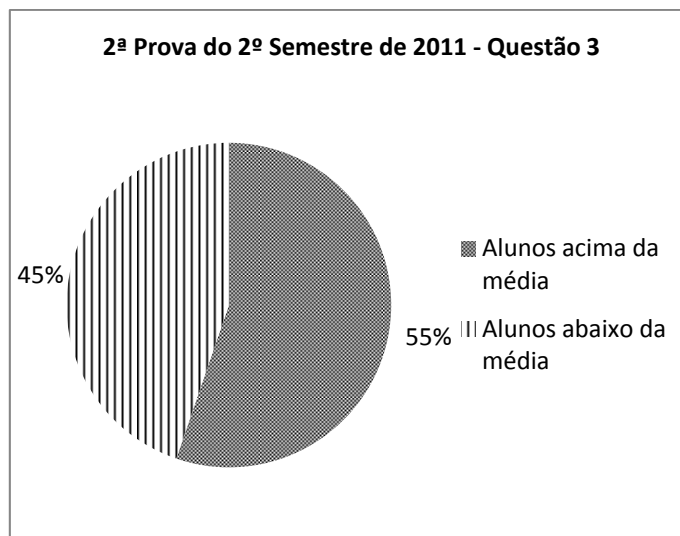


Nesta questão o aluno deve saber além do mecanismo envolvido, os reagentes e as condições para ocorrência da reação. O mecanismo de reação dos alquinos não foi bem desenvolvido nesta questão e o número de alunos com nota zero chegou a 70,73%, o que permite inferir que o rendimento dos alunos está muito aquém do esperado. O mecanismo de reações químicas é cobrado em diversas questões e o rendimento varia de acordo com o grau de dificuldade, mas pode-se observar que é o conteúdo que os alunos apresentam maior dificuldade. Com um percentual tão alto de alunos com nota zero na questão, pode-se concluir que não houve uma aprendizagem efetiva desse conteúdo, por isso a análise do professor em relação ao resultado das avaliações é fundamental para reavaliar o seu trabalho e intensificar a sua dinâmica de aula nas lacunas que ficaram ao longo do processo.

Questão 3- Reações de Substituição Eletrofílica aromática é uma ferramenta importante para a funcionalização do benzeno. Mostre o mecanismo detalhado das reações abaixo, indicando o nucleófilo e o eletrófilo, além do perfil energético de ambas.



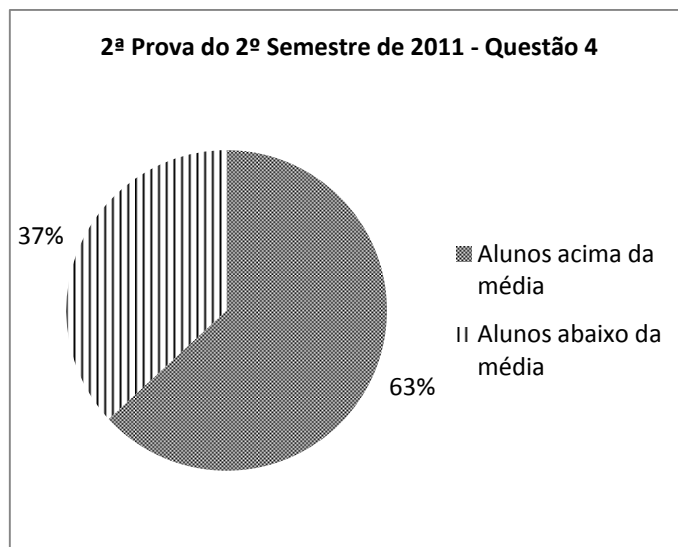
Assuntos relacionados: Reação de Substituição eletrofílica aromática, perfil energético e mecanismo da reação.



O resultado desta questão está equilibrado levando em consideração que os percentuais estão próximos e o número de alunos com nota superior à média é maior que 50%. O mecanismo de reação da substituição eletrofílica foi exemplificado em sala em diversas aulas e, assim como as reações com alquenos, também têm um entendimento mais fácil para os alunos, por isso os resultados apresentados em questões que envolvem esses raciocínios são melhores que nas demais.

Questão 4- Pela legislação brasileira a gasolina vendida nos postos pode conter até 24% de etanol anidro. Os testes que os órgãos fiscalizadores aplicam para verificar o conteúdo de álcool, consiste em utilizar uma alíquota de 50 mL do combustível retirado da bomba e, utilizando uma proveta de 100 mL, adicionar 50 mL de água. Após agitação duas fases são observadas. Sabendo-se que a gasolina é uma mistura de n-heptano e isooctano, indique qual o resultado final com relação ao volume de cada uma das fases. Explique os resultados em termos de forças intermoleculares, mostrando as interações. Justifique em termos de entropia do sistema.

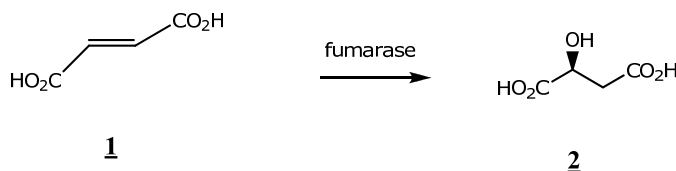
Assuntos relacionados: Forças intermoleculares e entropia.



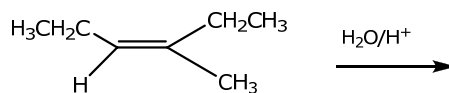
Esta questão trata de forças intermoleculares, um conteúdo que os alunos estudam no ensino médio, ou seja, já chegam na universidade com alguns pré-requisitos para esse assunto, o que facilita a sua compreensão. Com certeza, o nível de complexidade dessa abordagem em uma disciplina introdutória de química orgânica é maior, por isso o enunciado solicita a representação das interações e não apenas a identificação do tipo de força intermolecular predominante entre as moléculas. O conceito de entropia justifica o nível de organização das partículas e a formação dessas interações, esse conceito também é apresentado formalmente apenas na universidade.

2ª Prova aplicada para 37 os alunos da disciplina de Química Orgânica Fundamental do 1º Semestre de 2012.

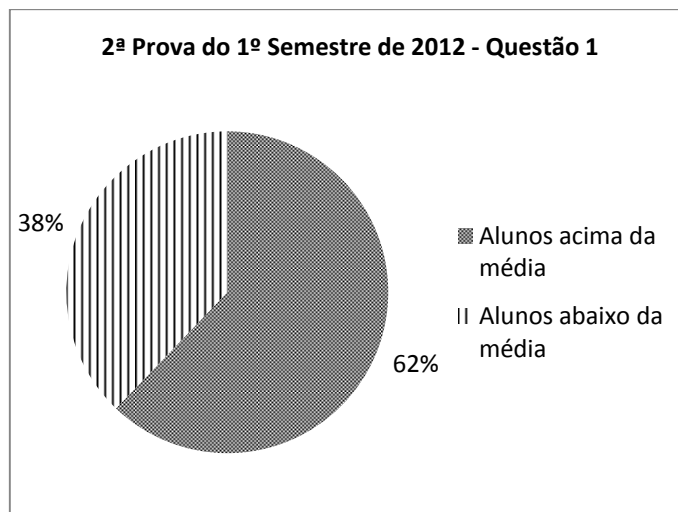
Questão 1- A reação de adição de H_2O à olefinas é muito útil tanto do ponto de vista da síntese orgânica quanto do metabolismo. Por exemplo, em uma das etapas do ciclo do ácido cítrico (Krebs) a reação de adição de água ao ácido fumárico (1), catalisada pela enzima fumarase, fornece o ácido málico (2).



Em procedimento de laboratório, a adição de água a alquenos emprega H^+ como catalisador. Mostre o mecanismo detalhado da reação indicada na eq. 2 abaixo, indicando o perfil energético com os respectivos estados de transição e intermediários.



Assuntos relacionados: Reação de adição da água em alqueno em meio ácido, perfil energético e mecanismo de reação.



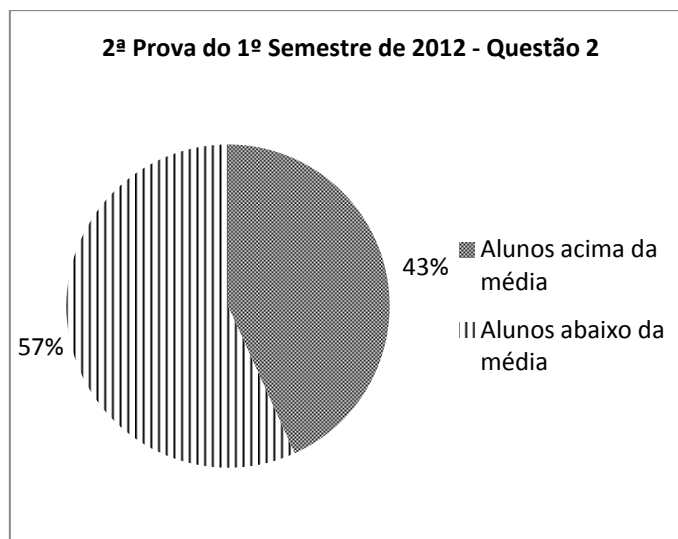
Este resultado pode ser comparado ao da primeira questão da 2ª prova do 2º/2011, porque as questões são iguais. Porém, o resultado apresentado nesta é superior à média, enquanto na prova anterior o percentual de alunos acima da média foi de 45%. Esse crescimento observado pode ser atribuído, em parte, as apresentações dos minisseminários, porque a reação de hidrogenação catalítica de alquenos foi muito abordada em sala, a partir disso a reação de adição da água em alquenos foi ensinada e explorada pela professora. O fato de já existirem subsunçores (AUSUBEL, 1982) sobre aquele conhecimento na sua estrutura cognitiva facilita o aprendizado em novos conteúdos, principalmente se estão relacionados aos que já existem.

Questão 2- A manutenção do pH sanguíneo em torno de 7,4 é um fator vital para o organismo. Dentre os sistemas tampão que atuam no sentido de preservar esse valor, está o sistema gás carbônico bicarbonato. Sabendo-se que o pK_a da primeira dissociação do ácido carbônico é 6,4 indique na equação de Henderssen-Hasselbalch, a razão entre $[\text{H}_2\text{CO}_3]$ e $[\text{HCO}_3^-]$,



Usando ambas as equações acima, justifique a acidose e alcalose respiratórias argumentando sobre o equilíbrio de Le Chatellier.

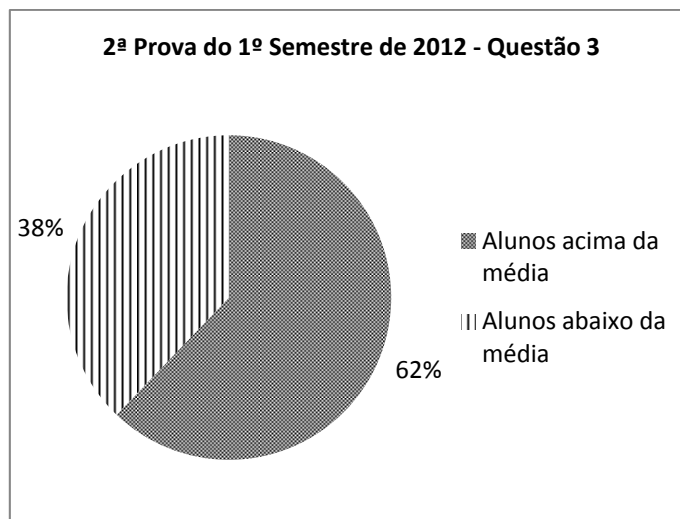
Assuntos relacionados: Equilíbrio químico, pK_a e pH e sistema tampão.



Este resultado pode ser comparado ao apresentado na questão 5 da 2ª prova do 1º/2011, mas o percentual de alunos acima da média naquela avaliação foi de 60%. O esperado é que o rendimento fosse superior à média, até porque esta questão não envolve mecanismo de reações químicas, conteúdo que eles apresentam maior dificuldade segundo a análise destes resultados, além do conteúdo de equilíbrio químico ser estudado no ensino médio. Diante do número de alunos com nota zero, pode-se concluir que esta questão está entre as mais difíceis dessa avaliação.

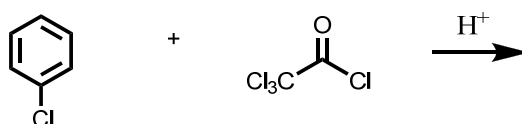
Questão 3- Pela legislação brasileira a gasolina vendida nos postos pode conter até 25% de etanol anidro. Os testes que os órgãos fiscalizadores aplicam para verificar o conteúdo de álcool, consiste em utilizar uma alíquota de 50 mL do combustível retirado da bomba e, utilizando uma proveta de 100 mL, adicionar 50 mL de água. Após agitação duas fases são observadas. Sabendo-se que a gasolina é uma mistura de n-heptano e isooctano, indique qual o resultado final com relação ao volume de cada uma das fases. Explique os resultados em termos de forças intermoleculares, mostrando as interações. Justifique em termos de entropia do sistema.

Assuntos relacionados: Forças intermoleculares e entropia.

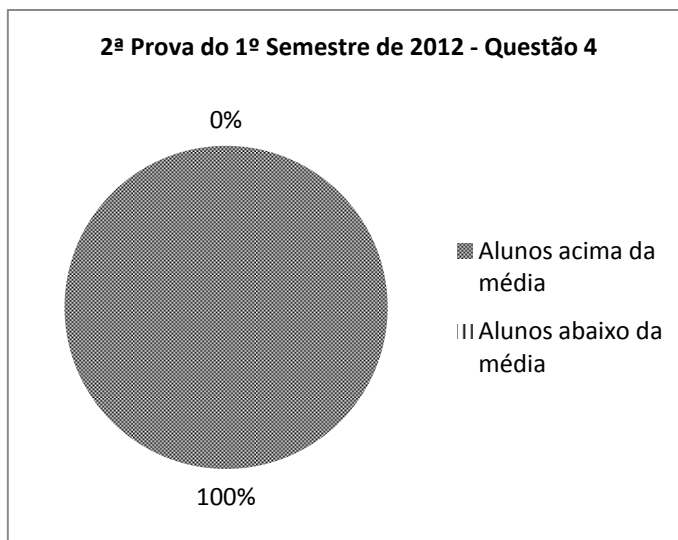


Esta questão é idêntica a questão 4 da 2ª prova do 2º/2011, inclusive o resultado das duas foi semelhante. A repetição de algumas questões nas provas tem como objetivo facilitar uma comparação e discussão entre os resultados. O conteúdo de forças intermoleculares exige o reconhecimento da estrutura da molécula e a identificação do tipo de interação predominante, a maioria dos alunos tem dificuldade de representá-las.

Questão 4-Reações de Substituição Eletrofílica aromática é uma ferramenta importante para a funcionalização do benzeno. Mostre o mecanismo detalhado das reações de acilação de Friedel-Krafts na preparação do DDT, indicando o nucleófilo e o eletrófilo, o mecanismo detalhado, além do perfil energético.

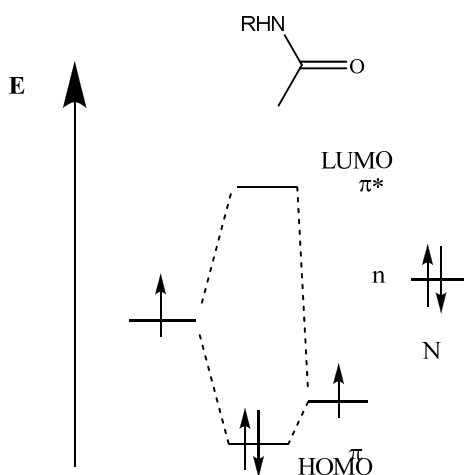


Assuntos relacionados: Reação de substituição eletrofílica aromática, perfil energético e mecanismo de reação.

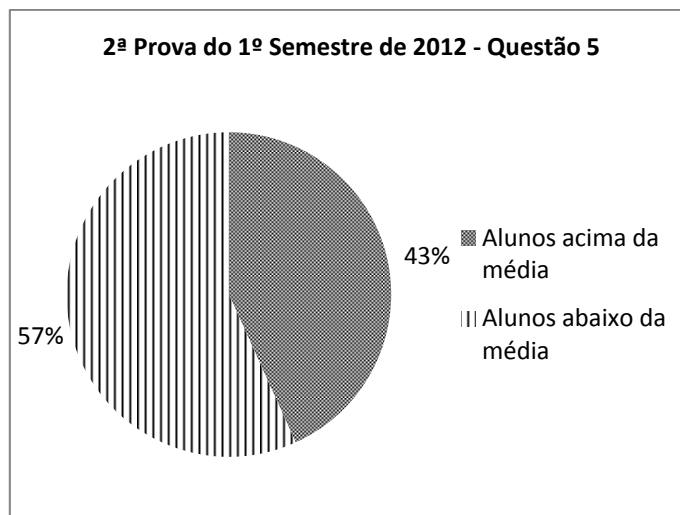


O resultado desta questão foi bastante diferente das demais da prova. O rendimento de 100% da turma foi atribuído a um erro na questão, por isso a professora pontuou todos os alunos. Portanto, o resultado desta questão não pode ser comparado às das demais questões, porque não traduz a realidade da prova.

Questão 5- A baixa eletrofilicidade do carbono carbonílico das amidas pode ser explicado de duas maneiras: qualitativamente, por meio de representação de estruturas de ressonância e quantitativamente usando-se a representação dos orbitais moleculares. Usando o esquema abaixo, faça o diagrama de energia que mostre a estabilização conferida pelo par de elétrons não ligante do nitrogênio.



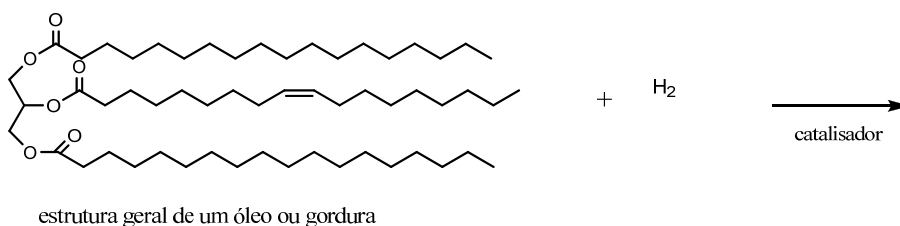
Assuntos relacionados: Orbitais moleculares, diagrama de energia e estruturas de ressonância.



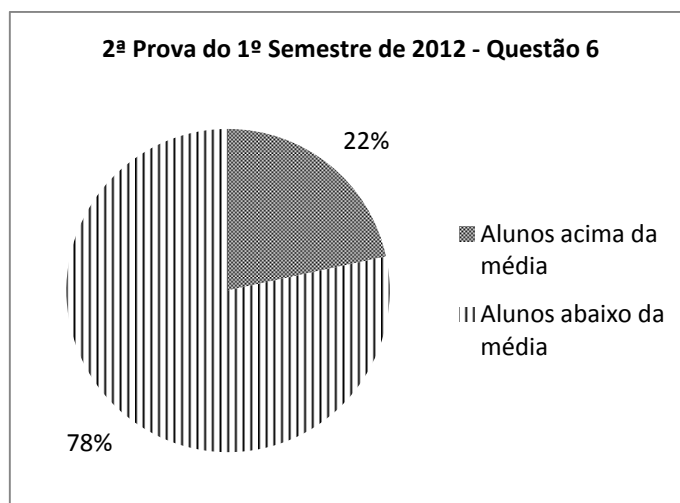
Parte do raciocínio envolvido nesta questão não apareceu em nenhuma outra das discutidas neste trabalho, porque o comando é representar no diagrama de energia o par de elétrons não ligantes presente na amida. O resultado próximo à média nesta questão tem uma característica marcante, dos 16 alunos que tiraram acima da média, 12 obtiveram a nota máxima e dos 21 alunos abaixo da média, 20 tiraram nota zero, ou seja, a observação é que os alunos não desenvolveram em partes o raciocínio, sabiam ou não a resposta.

Questão 6 - A gordura *trans* foi muito utilizada na culinária, por proporcionar melhor consistência e conservação dos alimentos, mas foi banida por ter consequências graves na saúde das pessoas. Indique de que maneira a gordura *trans* é formada a partir da equação abaixo. Indique a geometria das ligações duplas.

(Fonte: http://www.anvisa.gov.br/alimentos/gordura_trans.pdf)



Assuntos relacionados: Reação de hidrogenação catalítica em alquenos e isomeria *cis* e *trans*.

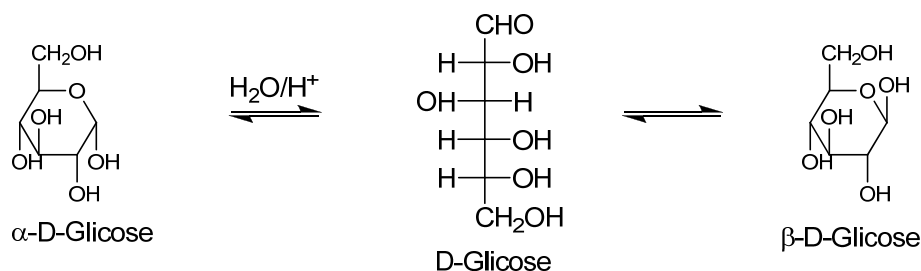


O resultado apresentado nesta questão foi muito aquém do esperado, porque gordura *trans* foi um dos temas dos minisseminários apresentados na disciplina e o mecanismo de hidrogenação catalítica foi amplamente discutido em sala. O percentual de alunos com nota zero foi de aproximadamente 59,46%. Este conteúdo também foi abordado em outras questões com rendimento diferente deste apresentado.

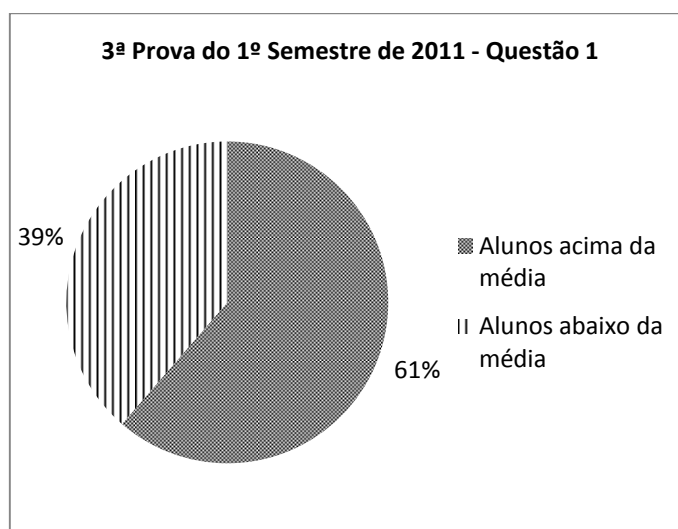
• **Módulo 3**

3ª Prova aplicada para os 61 alunos da disciplina de Química Orgânica Fundamental do 1º Semestre de 2011.

Questão 1- Quando um dos anômeros da glicose é dissolvido em água, sob catálise ácida, forma-se uma mistura de α -D-glicose e β -D-glicose na proporção 33,3:66,6. Este fenômeno é denominado mutarrotação. Mostre o mecanismo detalhado da interconversão dos anômeros.

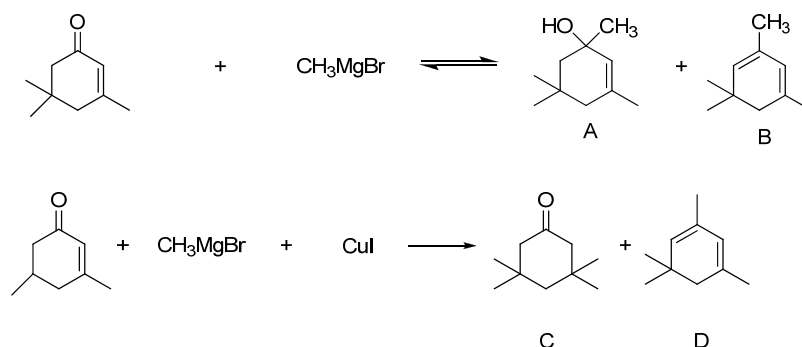


Assuntos relacionados: Interconversão de anômeros e mecanismo de reação.

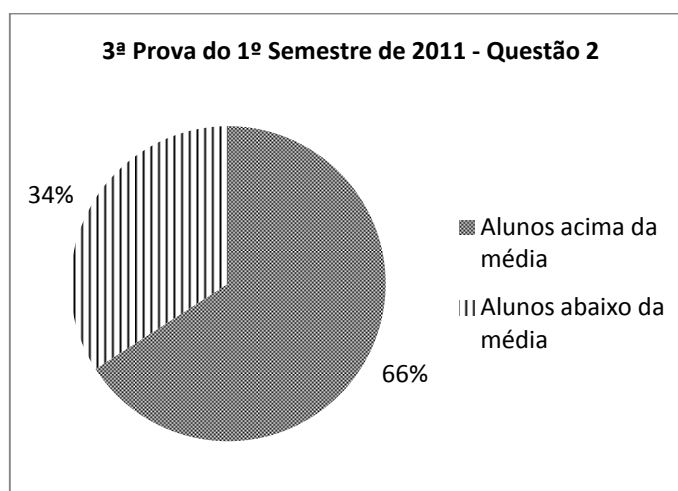


O resultado desta questão foi dentro da expectativa da disciplina. Essa reação é muito importante para o entendimento das posições α e β em uma molécula, a mudança na posição da hidroxila nesta estrutura formam macromoléculas diferentes. É possível inferir deste resultado que o mecanismo desta reação apresentado pelos alunos foi compreendido.

Questão 2 - Sistemas α,β -conjugados são bastante versáteis em síntese orgânica pois possuem duas posições eletrofílicas e, dependendo das condições de reação, o nucleófilo ataca uma ou outra posição, como mostrado no esquema abaixo. Explique os resultados com base na Teoria Ácido-Base-Duro-Mole (HSAB). Mostre o mecanismo detalhado para posição de A, B e C.

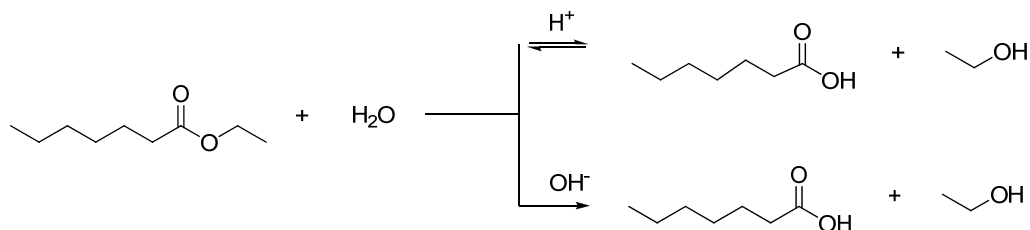


Assuntos relacionados: Reação química com sistemas carboxílicos α,β -conjugados e teoria ácido-base-duro-mole.



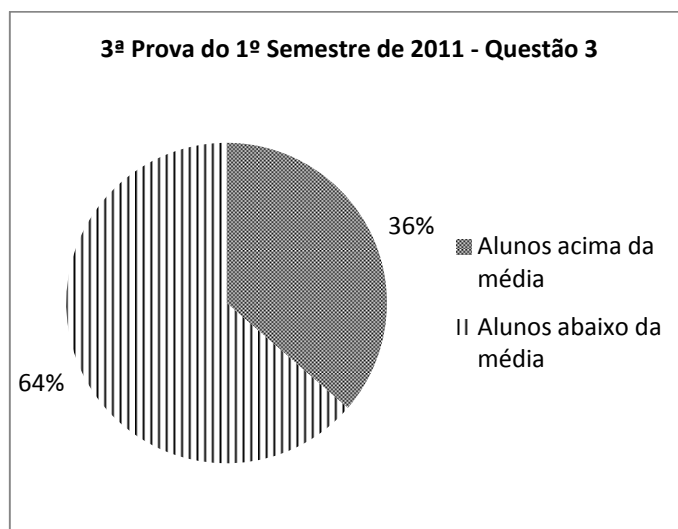
O resultado desta questão foi satisfatório, isto é, superior a 50%, o que demonstra a facilidade que os alunos apresentaram de identificar o par de ácido – base e o mecanismo da reação, quando as estruturas já estão representadas. A terceira prova de uma maneira geral cobra em suas questões mais raciocínios de mecanismo de reação do que nas provas anteriores, até porque a intenção é reforçar conteúdos já estudados durante o semestre e aprofundá-los.

Questão 3 - A hidrólise de ésteres, uma das reações chave em química orgânica, está presente tanto em sistemas vivos (hidrólise de lipídeos de membrana e gorduras catalisadas por lipases) quanto na química industrial (biodiesel). Em laboratório, quando a hidrólise é catalisada por ácido, a constante de equilíbrio, $k=1$ e a reação é reversível; quando catalisada por base a reação é irreversível e um alto rendimento do ácido e do álcool correspondentes é alto. Explique o resultado em termos de pK_a , determinando o perfil energético da reação. Mostre o mecanismo detalhado.



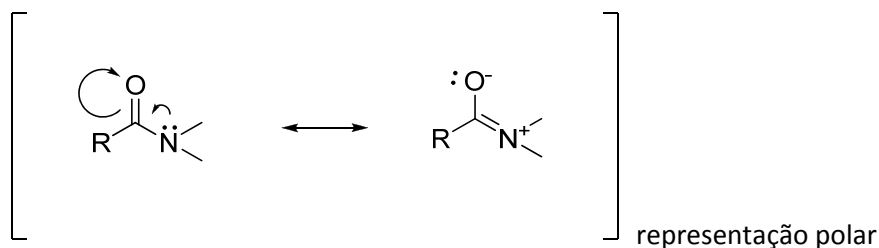
Dados: $pK_a \text{OH}^- = 15,57$ $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{O}^- = 16$ $\text{R}-\text{COOH} = 5$

Assuntos relacionados: Reação de hidrólise de éster, mecanismo da reação, perfil energético e pK_a .

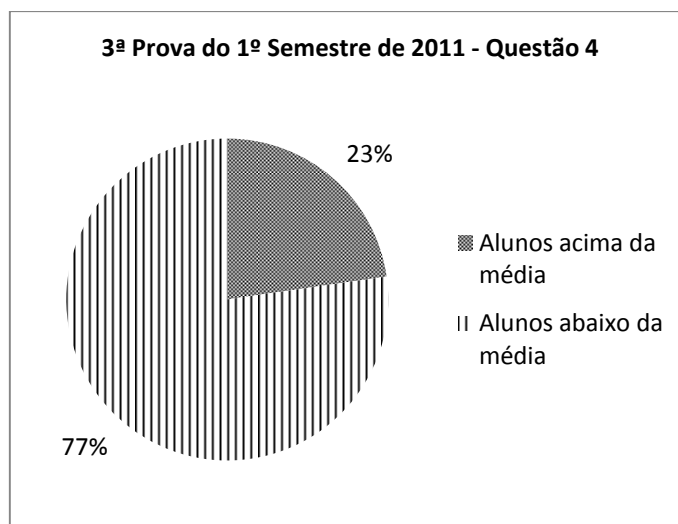


A reação de hidrólise de éster é o inverso da esterificação, ou seja, os produtos formados a partir da reação de éster e água são um ácido carboxílico e um álcool primário. Esta reação apresenta um mecanismo mais simplificado e o pK_a da reação determina o grau de acidez das substâncias que participam do processo. Alguns alunos atenderam ao comando da questão e conseguiram a partir dos valores fornecidos de pK_a determinar os produtos formados.

Questão 4 - A função amida, dentre os derivados dos ácidos carboxílicos, é aquela que possui o carbono carbonílico menos eletrofílico. Esta função assume uma grande importância nos sistemas vivos, representando a ligação peptídica nas proteínas. Explique em termos de orbital molecular sua baixa eletrofilicidade.

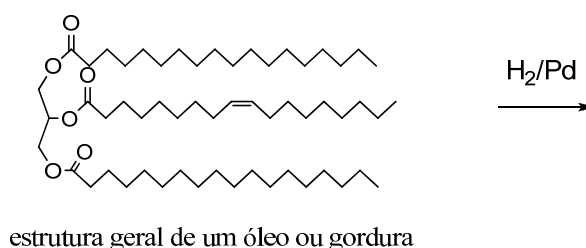


Assuntos relacionados: Orbital molecular, função orgânica: amida e eletrofilicidade.

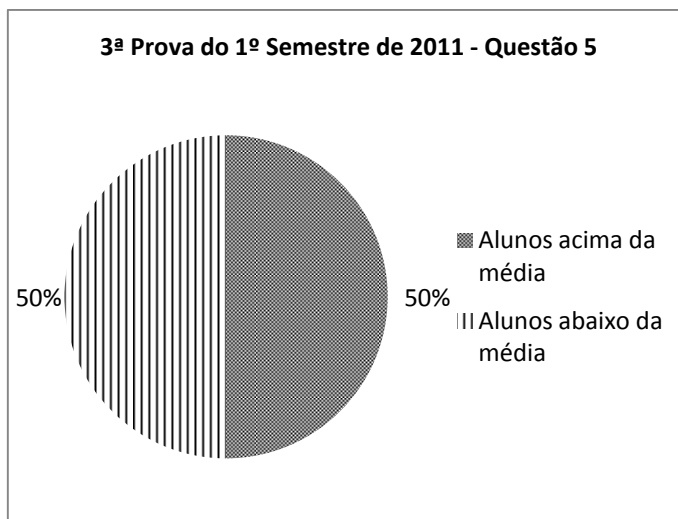


Esta questão apresentou um resultado muito discrepante em relação às demais questões desta avaliação. O índice de alunos com nota inferior à média é superior a 75%. A ligação química entre uma amina e um ácido carboxílico resulta na formação de uma amida, a partir da ligação peptídica, que foi solicitada nessa questão, é possível compreender a estrutura das proteínas.

Questão 5 - A margarina é o produto da hidrogenação catalítica dos óleos vegetais. Explique a formação da gordura *trans*, mostrando o mecanismo.



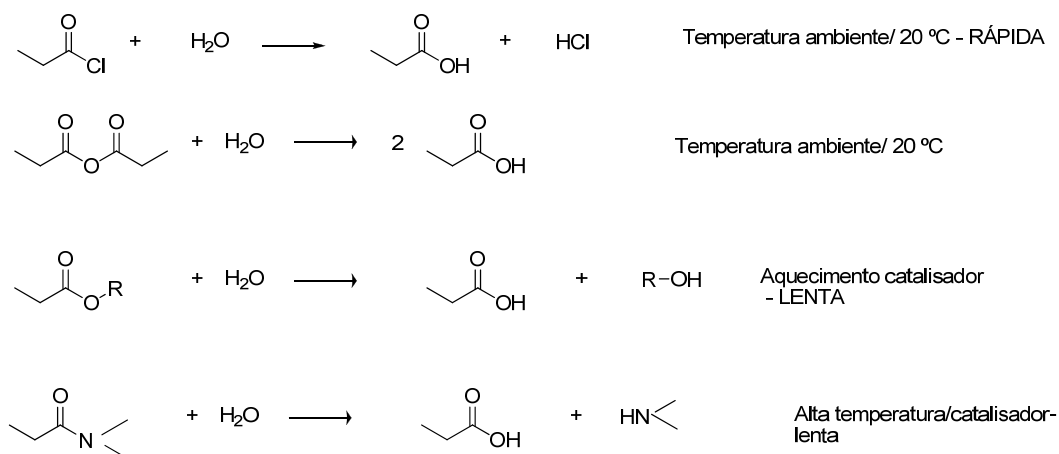
Assuntos relacionados: Reação de hidrogenação catalítica de alqueno e mecanismo da reação.



A gordura *trans* é conhecida por nós e, nos últimos anos, se tornou um assunto recorrente nas entrevistas concedidas por médicos e especialistas. Estas moléculas são consumidas em maior escala nos alimentos industrializados porque tem a função de melhorar o sabor e a consistência desses alimentos. Existem estudos que argumentam que estes são mais prejudiciais à saúde, porque na reação de hidrogenação catalítica são formados dois isômeros (*cis* e *trans*), mas o nosso organismo não reconhece as moléculas de gordura *trans*, por isso geralmente elas são acumuladas nas paredes do coração, podendo propiciar doenças mais graves. Esta questão é semelhante à 6 da 2ª prova do 1º/2012, mas o resultado apresentado aqui foi superior, esse assunto faz parte da apresentação dos miniseminários.

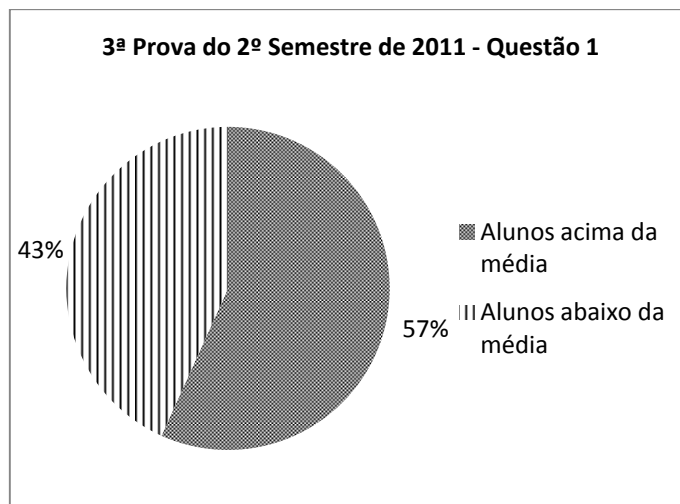
3ª Prova aplicada para os 38 alunos da disciplina de Química Orgânica Fundamental do 2º Semestre de 2011.

Questão 1 - A reatividade de derivados de ácidos carboxílicos, frente a nucleófilos, é bastante diferente. Explique em termos de hiperconjugação, efeito indutivo, pK_a e orbitais moleculares, essas diferenças. Mostre o mecanismo detalhado da hidrólise ao cloreto de acila.



$$pK_a \text{ Cl}^- = 7; \text{H}_2\text{O} = 15,4; \text{R-OH} = 16; \text{HN} \begin{array}{l} \diagup \\ \diagdown \end{array} = 30$$

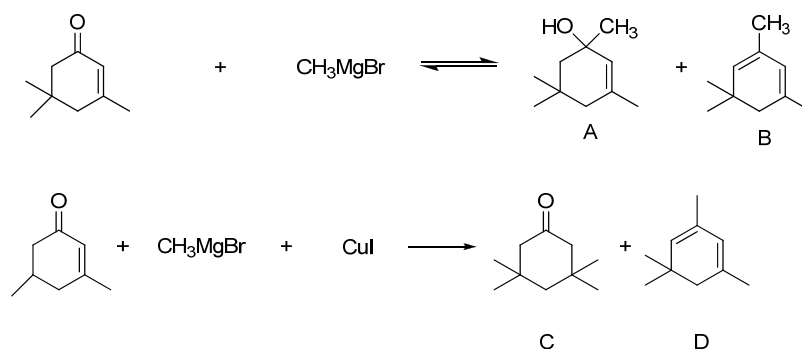
Assuntos relacionados: Reação de hidrólise de derivados de ácidos carboxílicos, mecanismo de reação, hiperconjugação, efeito indutivo e orbitais moleculares.



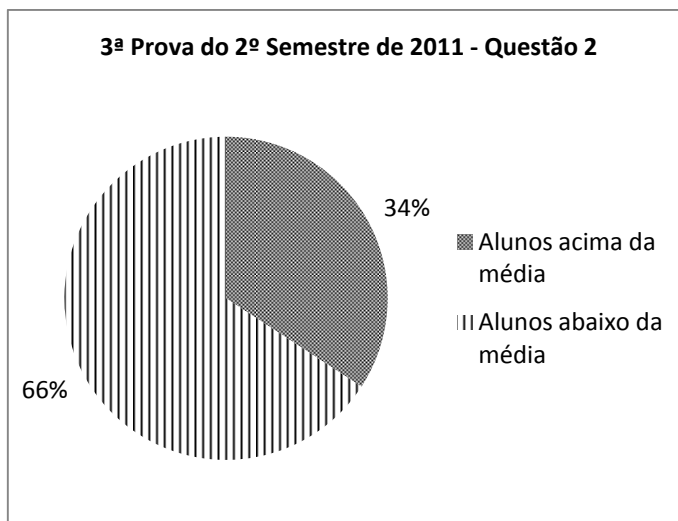
O resultado nesta questão atende as expectativas por estar acima de 50%. O raciocínio envolve o mecanismo da reação tornando a sua complexidade maior. As reações com cloreto de acila foram discutidas em sala, inclusive sobrediferentes condições de reação. É possível observar que nas questões onde a reação está apresentada com todas as estruturas, o desenvolvimento dos alunos é melhor.

Questão 2-Sistemas α,β -conjugados são bastante versáteis em síntese orgânica pois possuem duas posições eletrofílicas e, dependendo das condições de reação, o nucleófilo ataca uma ou outra posição, como mostrado no esquema abaixo. Explique os resultados com base na Teoria Ácido-Base-Duro-Mole (HSAB). Mostre o mecanismo detalhado para posição de A, B e C.

Eletronegatividade: H= 2,2; C= 2,5; O= 3,5; Mg= 1,2; Cu= 1,9.

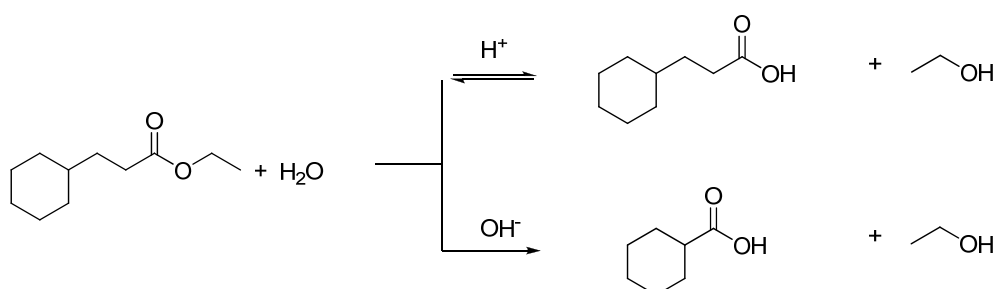


Assuntos relacionados: Reação química com sistemas carboxílicos α,β -conjugados e teoria ácido-base-duro-mole.

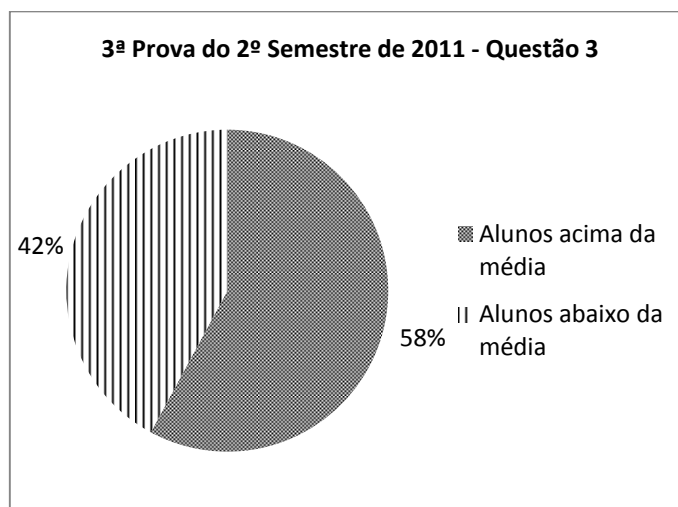


Esta questão também foi aplicada na terceira prova do 1º semestre de 2011, mas lá o percentual de alunos acima da média foi de aproximadamente 66%, enquanto que nesta avaliação o resultado foi exatamente o contrário, isto é, 66% dos alunos abaixo da média. A partir dessa comparação, pode-se inferir que uma mesma questão pode apresentar resultados diferentes de acordo com a turma, já que elas são bastante heterogêneas e a condução das aulas em cada semestre não necessariamente é igual. Porém, tanto no 1º semestre como no 2º de 2011, as aulas apresentavam o desenvolvimento semelhante e as provas foram elaboradas e aplicadas pela mesma professora. Com esse resultado nesta avaliação, é possível concluir que o conteúdo da teoria de ácido-base-duro-mole não foi compreendido de forma satisfatória pelos alunos.

Questão 3- A hidrólise de ésteres, uma das reações chave em química orgânica, está presente tanto em sistemas vivos (hidrólise de lipídeos de membrana e gorduras catalisadas por lipases) quanto na química industrial (biodiesel). Em laboratório, quando a hidrólise é catalisada por ácido, a constante de equilíbrio, $k=1$ e a reação é reversível; quando catalisada por base a reação é irreversível e um alto rendimento do ácido e do álcool correspondentes é alto. Explique o resultado em termos de pK_a , determinando o perfil energético da reação. Mostre o mecanismo detalhado.

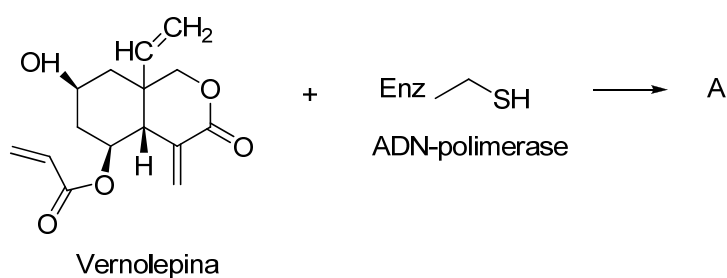


Assuntos relacionados: Reação de hidrólise de éster, mecanismo da reação, perfil energético e pK_a .



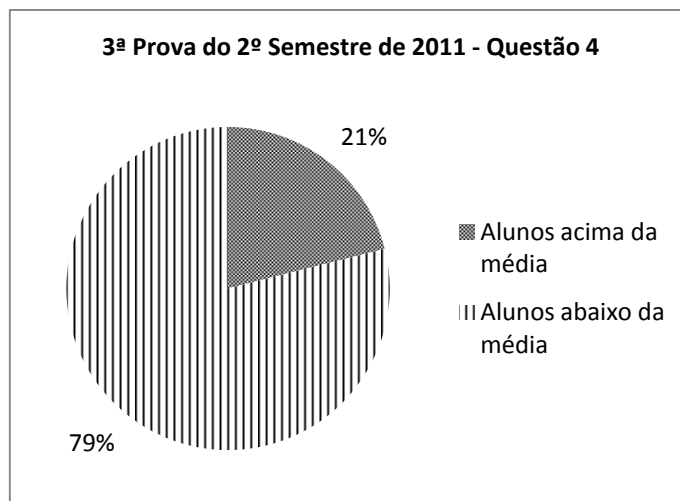
Esta questão é igual a terceira questão da 3ª prova do 1º semestre de 2011. O resultado apresentado neste semestre foi bem superior ao apresentado no anterior, reforçando o que foi discutido na questão anterior em relação à discrepância nos resultados e a dificuldade de analisá-los, porque não é possível atribuir a apenas uma variável essas mudanças nos números de um semestre para o outro.

Questão 4 - Uma das classes de drogas anti-neoplásicas ataca a enzima ADN-polimerase, sendo a vernolepina um fármaco pertencente a esta classe. Indique o produto (A) da reação entre o resíduo de cisteína da ADN-polimerase e a vernolepina.



Indique a estereoquímica absoluta dos dois estereocentros na vernolepina.

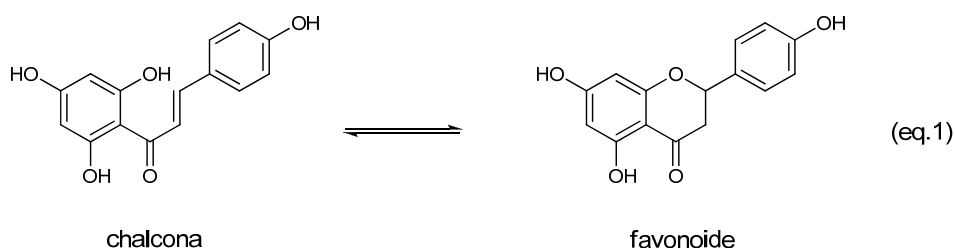
Assuntos relacionados: Reação química entre o resíduo de cisteína da ADN-polimerase e a vernolepina, mecanismo da reação e estereoquímica.



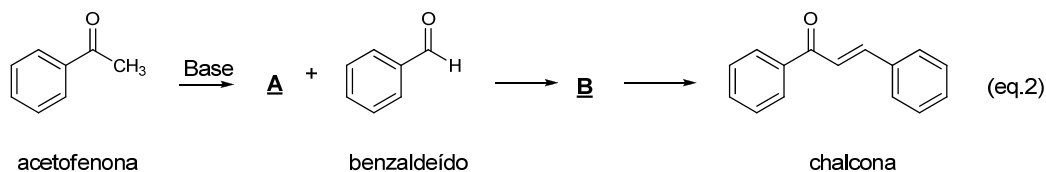
Esta questão trata de aspectos bioquímicos, porque são reações que acontecem no organismo humano. O resultado apresentado foi muito aquém do esperado, porque o percentual de alunos com nota zero nesta questão é de 50%, ou seja, o desenvolvimento do raciocínio não conseguiu ser demonstrado pelos alunos. Ao final do semestre desta disciplina esperava-se que o aluno soubesse explicar algumas reações químicas por meio dos seus mecanismos, mas esse objetivo não foi totalmente alcançado levando em consideração que em várias questões que envolvem mecanismos, o rendimento é inferior a 50%.

3ª Prova aplicada para os 54 alunos da disciplina de Química Orgânica Fundamental do 1º Semestre de 2012.

Questão 1 - Os flavonoides constituem um grupo de pigmentos vegetais de ampla distribuição na natureza. Acredita-se que sua presença nos vegetais esteja relacionada com as seguintes funções: defesa (proteção contra raios UV, ação antifúngica e antibacteriana); e de atração de polinizadores. A rota biossintética dos flavonoides tem dupla origem, passando pelo ácido chiquímico e o ácido mevalônico, formando inicialmente a chalcona que está em equilíbrio com o flavonoide correspondente (eq.1).



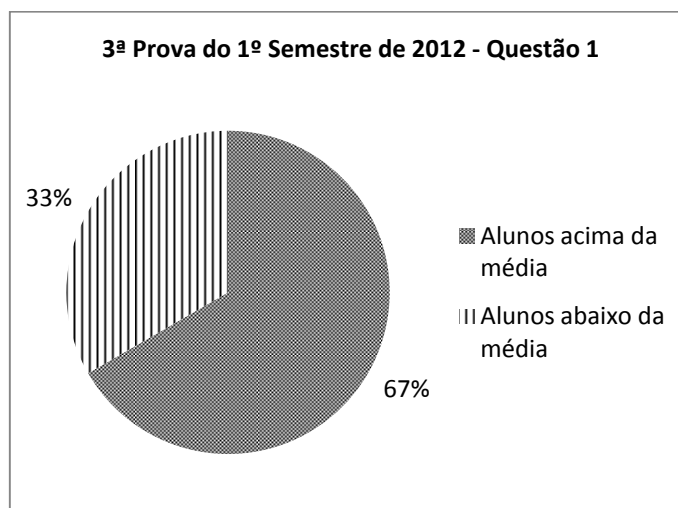
Em laboratório, a síntese da chalcona pode ser realizada empregando-se reação de condensação aldólica entre a acetofenona e o benzaldeído (eq.2).



Mostre o mecanismo do equilíbrio entre a chalcona e o flavonoide mostrado na eq.1;

Identifique a estrutura química de **A** e **B**, mostrando o mecanismo para a sua formação.

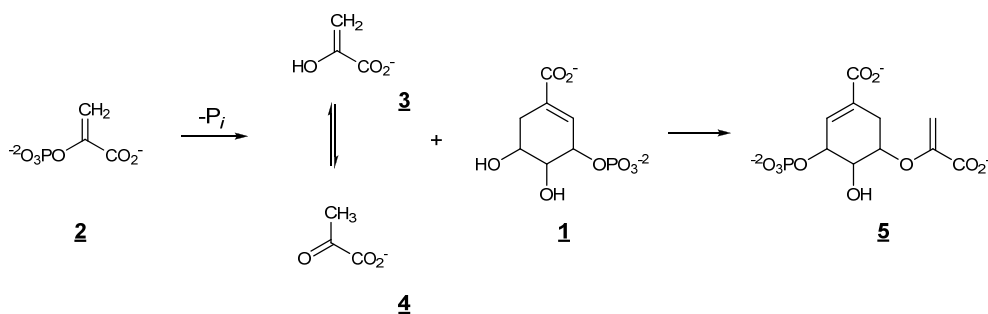
Assuntos relacionados: Reação de condensação aldólica, identificação de estruturas químicas e mecanismo da reação.



O metabolismo secundário das plantas foi abordado no 5º tema dos miniseminários, o que contribuiu para um estudo prévio dos alunos. O exemplo de flavonoide foi amplamente discutido em sala e apresentado pela professora, o que facilita um melhor desempenho dos alunos nessa questão. O fato de algumas estruturas estarem desenhadas no enunciado da questão, facilita a representação do mecanismo da reação.

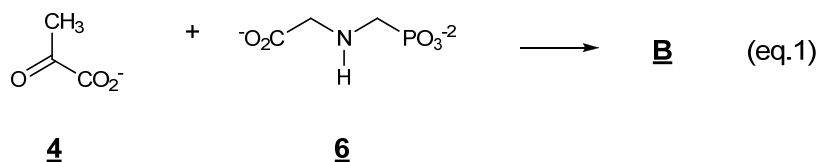
Questão 2 - Aminoácidos aromáticos têm sua biossíntese pela via do ácido chiquímico. Uma das etapas chave é aquela entre o chiquimato-3-fosfato (**1**) e o fosfoenolpiruvato **2** (Esquema 1), que é catalisada pela enzima EPSP (5-enolpiruvilchiquimato3-fosfato sintase). Note que o fosfoenolpiruvato sofre reação de hidrólise conduzindo à perda de fosfato (P_i – fosfato inorgânico), permitindo assim que se estabeleça o equilíbrio ceto-enólico (tautomerismo) entre o enolpiruvato (**3**) e o piruvato (**4**). A reação entre (**1**) e a forma ceto do piruvato conduz ao aduto (**5**), que na cadeia de reações subsequentes formará os aa's aromáticos.

Mostre o mecanismo da reação entre **1** e **4** indicando o movimento de elétrons e a espécie nucleofílica e a eletrofílica.

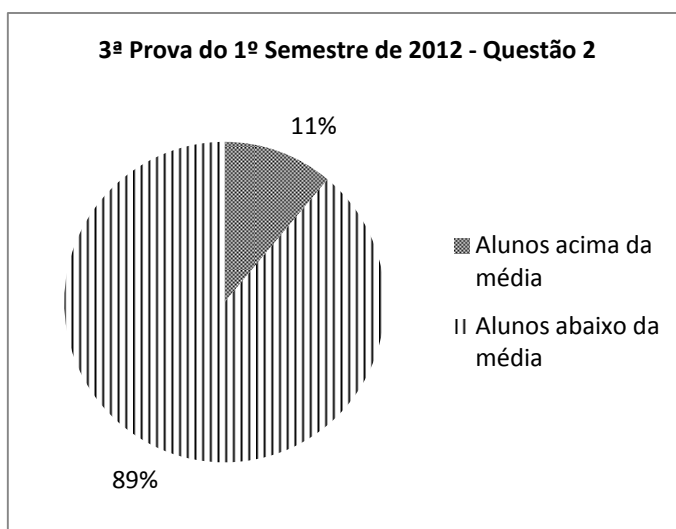


Esquema 1

A forma como o glifosato (**6**) atua como herbicida foi estabelecida em nível molecular. Sua atuação se dá sobre o complexo enzima EPSP-chiquimato-3-fosfato, impedindo que (**3**) participe do complexo. Mostre o produto **B** formado a partir do mecanismo da reação entre o glifosato (**6**) e a forma ceto do piruvato (**4**), indicando o movimento de elétrons e a espécie nucleofílica e a eletrofílica (eq.1).



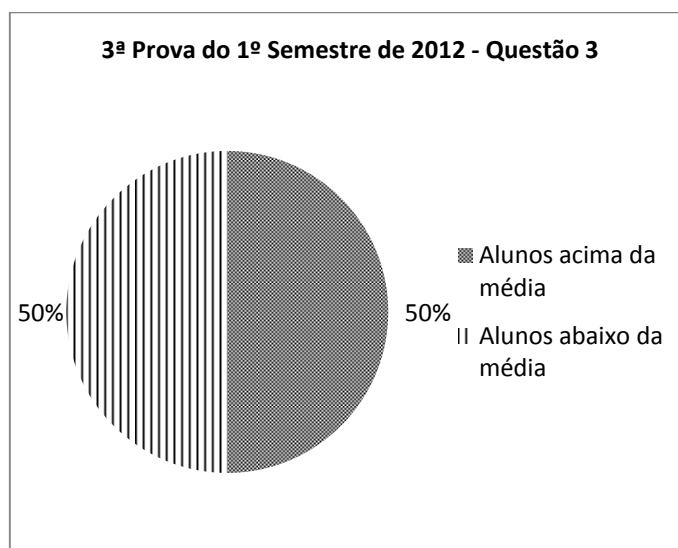
Assuntos relacionados: Mecanismo da reação de substituição nucleofílica, nucleófilo e eletrófilo, equilíbrio ceto-enólico.



A segunda questão desta avaliação também trata sobre o mecanismo de reações químicas, assim como a primeira, porém o resultado observado em relação à anterior é bastante discrepante. Esta diferença pode ser explicada pelo fato da reação apresentada na primeira questão ser semelhante ao assunto trabalhado em sala com a apresentação de minisseminários, enquanto que o mecanismo desta última envolve muitas estruturas químicas de diferentes grupos orgânicos, o que torna o grau de complexidade da questão ainda maior.

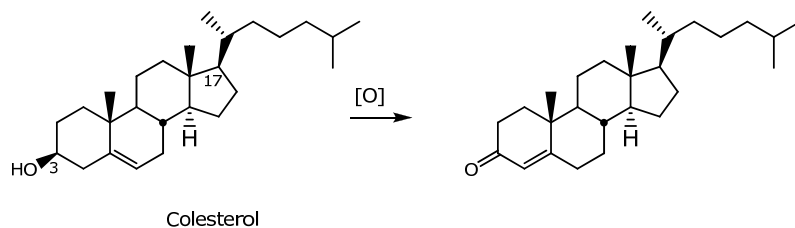
Questão 3 - Como explicitado na questão 1 as plantas utilizam os flavonoides como protetores da radiação ultravioleta (UV). Qual das duas formas (chalcona ou flavona) é aquela que produz tal efeito? Explique em termos de orbitais moleculares indicando o HOMO e o LUMO.

Assuntos relacionados: Absorção de radiação ultravioleta em moléculas orgânicas, orbitais moleculares e diagrama de energia.

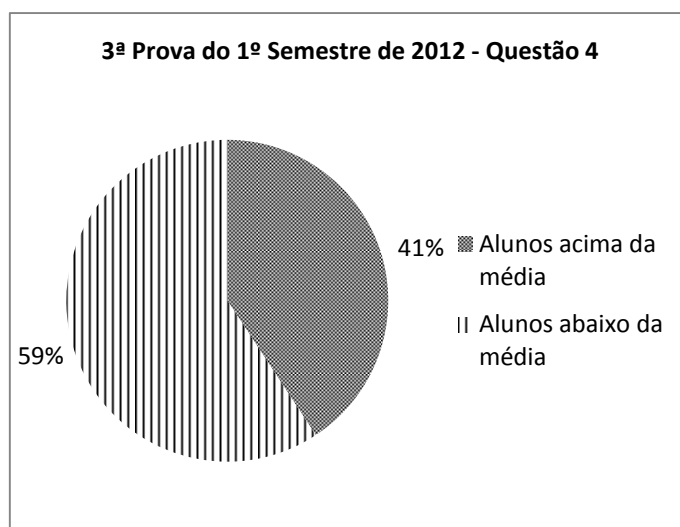


O conteúdo abordado nesta questão também foi trabalhado em módulos anteriores com outros exemplos. O resultado de 50% demonstra que o assunto foi explicado e discutido em sala, mas que nem todos os alunos ainda entenderam a relação entre os orbitais HOMO e LUMO, apesar de muitos representarem corretamente as ligações π em orbitais moleculares. A explicação dos orbitais HOMO e LUMO está associada a distribuição de energia naquela estrutura.

Questão 4-Explique por que durante a oxidação do colesterol a dupla ligação migra. Indique o mecanismo e estabeleça a estereoquímica absoluta (R ou S) dos carbonos 3 e 17.

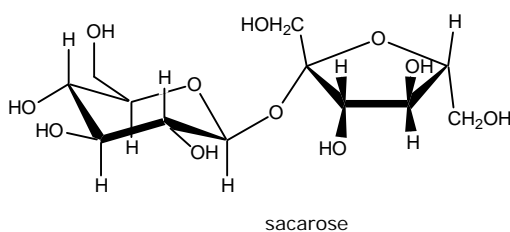


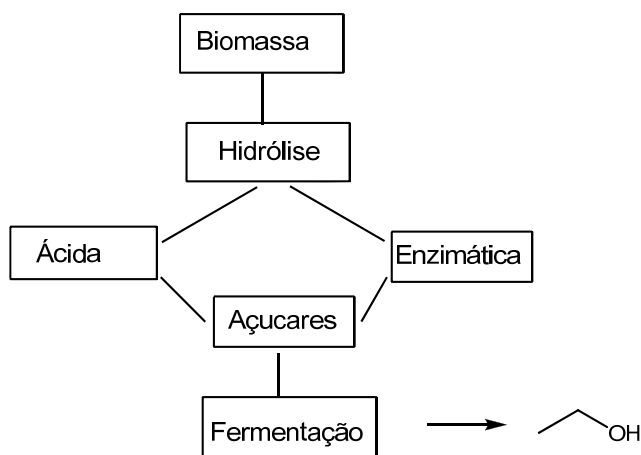
Assuntos relacionados: Reação de oxidação e rearranjo em moléculas orgânicas, estereoquímica (*R* ou *S*) e mecanismo de reações químicas.



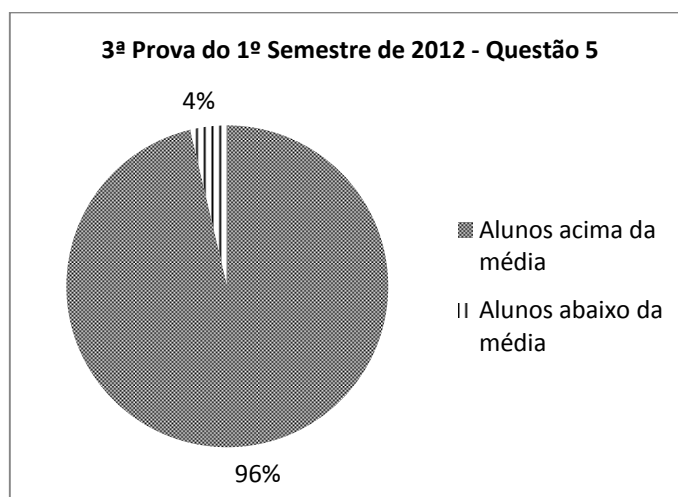
Nesta questão, o aluno precisa explicar a oxidação que acontece no colesterol, justificando a troca do grupo hidroxila pela carbonila na molécula. Como a questão envolve a identificação da estereoquímica, alguns alunos conseguiram nomear o estereocentro e propor um mecanismo para explicar a reação de isomerização.

Questão 5 - A molécula de sacarose corresponde ao nosso açúcar de mesa que é produzido a partir da cana de açúcar. Após fermentação do caldo produz etanol. Discuta do ponto de vista da biotecnologia as vantagens econômicas e ambientais da produção de etanol a partir da biomassa.





Assuntos relacionados: Produção de etanol a partir da biomassa e reação de hidrólise da sacarose.



O resultado apresentado na questão 5 é muito diferente das demais questões desta avaliação e deste trabalho, o único resultado parecido (100% dos alunos acima da média) foi apresentado na questão 4 da 2ª prova do 1º/2012. A quase totalidade da turma com nota superior à média permite concluir que a questão tinha um grau de complexidade menor comparada a outras da mesma avaliação. Como o assunto faz parte das apresentações de minisseminários, pode-se inferir que o rendimento dos alunos pode melhorar quando o estudo é feito previamente e de forma responsável, assim ele passa a ser mais ativo no processo de ensino aprendizagem. Esta questão é idêntica a 5 aplicada na 1ª prova deste mesmo semestre (1º/2012), porque tratava de combustíveis e fontes renováveis de energia, tema do primeiro minisseminário. O resultado mostra um crescimento de 20% no rendimento em relação ao apresentado na 1ª prova, o que confirma a teoria de Bruner: o conhecimento deve ser espiral.

Tabela 2 – Resultado do Questionário Aplicado

Pergunta	Concordaram totalmente	Concordaram parcialmente	Indiferente	Não concordaram parcialmente	Não Concordaram totalmente
1. A apresentação de minisseminários ao longo da disciplina favoreceu a aprendizagem do conteúdo.	8	26	2	2	-
2. O estudo prévio dos assuntos para a apresentação dos minisseminários facilitou o acompanhamento das aulas.	18	15	4	-	-
3. A dinâmica dos minisseminários influenciou no rendimento da prova.	7	20	4	5	2
4. Esta dinâmica da disciplina permitiu você desenvolver sua habilidade de apresentação oral com as participações nas reuniões de grupo e nos minisseminários.	12	18	5	3	-
5. Esta dinâmica facilitou a elaboração dos relatórios de apresentação e as respostas das questões de prova durante a disciplina.	7	17	7	6	1
6. Com esta dinâmica na disciplina, foi possível perceber a aplicabilidade desse conteúdo em diversas áreas do trabalho.	34	4	-	-	-
7. A dinâmica da disciplina permitiu o desenvolvimento da habilidade de trabalhar em grupo.	12	19	6	1	-
8. A apresentação dos temas do minisseminários foi um desafio para você, levando em consideração que deveria solucionar o problema.	14	16	6	2	-
9. Esse formato de disciplina desenvolve a autonomia, comprometimento e responsabilidade do aluno.	21	17	-	-	-
10. Pode-se dizer que você aprendeu a aplicar o conteúdo abordado nos temas dos minisseminários.	5	20	4	9	-
11. Com esta dinâmica da disciplina, houve maior envolvimento dos alunos ao longo do curso.	17	16	4	1	-

A partir da análise quantitativa dos resultados das três provas aplicadas para todos os alunos da disciplina durante os três semestres comparados, é possível apontar algumas vantagens em desenvolver a metodologia sugerida. Ao final do curso no 1º/2012, em que testamos essa metodologia com os calouros do curso de Biotecnologia, aplicamos um questionário de caráter investigativo para colher informações a respeito da experiência desenvolvida.

Com a tabulação dos dados, é possível perceber a melhora na aprendizagem dos alunos e o grau de comprometimento maior deles no processo de ensino aprendizagem. Todas as perguntas apresentadas no questionário estão relacionadas à dinâmica da disciplina e a apresentação e minisseminários. Em todos os itens avaliados o percentual de alunos que concorda totalmente ou parcialmente com a afirmação é bem superior a média.

O intuito ao se propor uma metodologia de ensino alternativa é proporcionar aos alunos a possibilidade de ter uma aprendizagem significativa e, para isso o processo deve acontecer de maneira diferente. No relato dos alunos em resposta a questão 12 do questionário, a maioria dos alunos respondeu que sim, e o principal argumento escrito foi que o estudo prévio contribui para o acompanhamento das aulas e o desenvolvimento do raciocínio durante as avaliações. Eles ressaltaram também, o fato dos temas dos minisseminários estarem diretamente ligados a aplicação dos conteúdos na área de biotecnologia, o que despertou um interesse maior nos alunos e possibilitou o conhecimento de diversas áreas de trabalho.

Essa dinâmica, tornou as aulas menos cansativas e mais participativas para os alunos, já que eles estudaram previamente parte dos conceitos que serão discutidos em sala. Em contrapartida, alguns alunos ressaltaram algumas falhas no processo e apresentaram sugestões para que este seja mais efetivo.

Os temas dos minisseminários eram apresentados ao final de uma aula e o grupo tinha apenas a aula seguinte para debater em sala, isso limitava a participação de todos os alunos, porque era pouco tempo para muito trabalho, além disso alguns alunos comentaram que o envolvimento deles seria maior se os alunos responsáveis pela apresentação fossem sorteados no dia. Isso obrigaria o aluno a se empenhar mais durante o processo de pesquisa e elaboração da apresentação, garantindo um comprometimento maior de todos.

Para finalizar os minisseminários e consolidar aquele conteúdo, a aula seguinte a das apresentações deveria ser uma retomada dos temas juntamente com a professora, assim ela complementaria as explicações e não existiriam lacunas tão grandes em determinados conteúdos.

Um dos aspectos ressaltados pelos alunos desta disciplina nos questionários, foia condição necessária para que o trabalho desenvolvido seja bom: é preciso ter comprometimento e a autonomia dos alunos, porém nem todos apresentam a mesma maturidade para encarar a disciplina e a dinâmica das aulas ao longo do processo.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Analisando o desenvolvimento deste trabalho e comparando com os dois semestres de 2011, bem como com os resultados apresentados nas avaliações da disciplina, é possível identificar uma defasagem significativa no que diz respeito aos mecanismos de reações químicas. Esse conteúdo é fundamental para o entendimento dos processos e desenvolvimento das reações, inclusive para fazer previsões dos produtos que serão formados a partir de determinados reagentes. Essa lacuna é facilmente observada na análise das questões de prova dos alunos, onde o rendimento é inferior à média ou muito próxima dela. A dificuldade está associada a conceitos prévios que não estão bem fundamentos para eles, como por exemplo, nucleófilo e eletrófilo, eletronegatividade e a formação da ligação química.

A identificação dessa lacuna incentiva o desenvolvimento de pesquisas na área de metodologias de ensino relacionadas à disciplina de Química Orgânica. Este foi o objetivo deste trabalho, desenvolver uma metodologia que tornasse a aprendizagem em química orgânica mais efetiva e o processo fosse mais produtivo para os alunos. Para a construção desta metodologia e a fim de fundamentar o estudo, fizemos uma breve revisão bibliográfica sobre os principais teóricos da área de aprendizagem e desenvolvimento.

A metodologia alternativa proposta tem inspiração no método PBL, que tem como base o construtivismo. É importante ressaltar o processamento das informações e as conexões estabelecidas com estruturas cognitivas já existentes, assim o conhecimento científico vai sendo construído a partir de conceitos básicos apresentados e, posteriormente aprofundados.

O trabalho foi desenvolvido e moldado à medida que foi aplicado para os alunos. Algumas adaptações foram feitas de imediato e outras já estão propostas na ementa programa, pois surgiram a partir de experiências vivenciadas ao longo do processo e pelas sugestões dadas pelos próprios alunos no questionário aplicado ao final do curso.

Ficou evidente a necessidade de desenvolver um trabalho mais cauteloso e com um olhar mais crítico para as disciplinas introdutórias dos cursos, porque elas serão a base para as disciplinas que apresentam um grau de complexidade maior. Outro ponto que deve ser destacado é como o dinamismo das aulas melhora a participação dos alunos durante a explicação e discussão dos conceitos. Isso pode ser claramente justificado pelo estudo prévio que é feito a cerca dos temas dos miniseminários.

Houve, ainda, um trabalho desenvolvido em grupo ao longo do semestre, o que possibilitou o aprimoramento da habilidade da oralidade, uma vez que as apresentações eram

individuais para toda a turma. O trabalho possibilitou também o desenvolvimento da capacidade de trabalhar em grupo e trocar informações com os colegas, antes mesmo de esclarecer as dúvidas com o professor. A autonomia e a responsabilidade completaram esse processo, que necessita de um grau de comprometimento maior por parte dos alunos.

Como resultado, o estudo gerou os produtos que se encontram nos apêndices e anexos desse trabalho, quais sejam, a ementa-programa e o plano da disciplina introdutória de Química Orgânica, os temas sugeridos a apresentação dos minisseminários e um modelo de questionário para avaliação dos minisseminários.

Considerando os ganhos atingidos pelos alunos participantes da disciplina introdutória de química orgânica, propomos que esta metodologia seja aplicada em outras disciplinas, com as devidas adaptações. Espera-se, dessa forma, que o aluno saia da Universidade preparado para enfrentar o mercado de trabalho, com uma formação mais crítica e participativa, dentro da sua área de conhecimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AUSUBEL, D. P. **A aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel**. São Paulo: Moraes, 1982.

BRASIL. Assessoria de Comunicação Social do Ministério da Educação. **Brasil duplica número de escolas de educação profissional**. Portal Mec, 2010. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=15000>. Acesso em: 18 jun. 2012.

BRASIL. Assessoria de Imprensa da Setec. **Institutos federais viram realidade**. Portal Mec, 2008. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_content&task=view&id=11864>. Acesso em: 10 jun. 2012

BRASIL. Grupo Assessor do Ministério da Educação. **Reestruturação e Expansão das Universidades Federais**: Diretrizes Gerais. [S.l.: s.n.], 2007. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/sesu/arquivos/pdf/diretrizesreuni.pdf>>. Acesso em: 4 abr. 2012

BRASIL. **Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996**. Senado Federal. Brasília: 1996. Disponível em <<http://www6.senado.gov.br/legislacao/ListaTextoIntegral.action?id=75723>>. Acesso em: 4 mai. 2012.

BRASIL. Ministério do Planejamento Orçamento e Gestão. Secretaria de Orçamento Federal. **Orçamentos da União**. Exercício financeiro 2012. Projeto de Lei Orçamentária. Brasília, DF. 2011. v 1. Disponível em: <http://www.planejamento.gov.br/secretarias/upload/Arquivos/sof/ploa2012/110831_ploa2012_vol1.pdf>. Acesso em: 3 abr. 2012.

BRASIL. Portal Brasil. **Investimento público em educação chega a 5,1% do PIB em 2010, segundo Inep**. Portal Brasil. 2012. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/noticias/arquivos/2012/01/19/investimento-publico-em-educacao-chega-a-5-1-do-pib-em-2010-segundo-inep>>. Acesso em: 29 mar. 2012.

BRUNER, J. S. **Uma nova teoria de aprendizagem**. Rio de Janeiro: Editora Bloch, 1976.

CARREIRA, D. **Comparar investimento brasileiro em educação com o de países da ocde para justificar 7% do PIB é falacioso, afirma especialista**. Observatório da Educação. Sugestões de Pauta, 2011. Disponível em: <http://www.observatoriodaeducacao.org.br/index.php?view=article&id=1029%3Acomparar-investimento-brasileiro-em-educacao-com-o-de-paises-membros-da-ocde-e-uma-falacia-afirma-especialista&option=com_content&Itemid=98>. Acesso em: 3 abr. 2012.

ENSINO técnico: Gabriel Grabowski. Produção de Carta TV on-line. São Paulo: Carta Capital, 2011. 1 vídeo eletrônico. Disponível em: <http://www.youtube.com/watch?v=4mm6DKth4_8>. Acesso em: 15 abr. 2012.

FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa**. São Paulo: Editora Paz e Terra, 1996.

GHIRALDELLI, P. **O que é pedagogia**. São Paulo: Editora Brasiliense, 2006.

INEP.Assessoria de Comunicação. **Inep divulga dados do investimento público em educação de 2000 a 2010**. Brasília, 2012. Disponível em: <http://portal.inep.gov.br/c/journal/view_article_content?groupId=10157&articleId=85039&version=1.3>. Acesso em: 31 mar. 2012.

MIZUKAMI, M. da G. N. **Ensino: as abordagens do processo**. São Paulo: EPU, 1986. 119p.

MOREIRA, M. A. **Teorias de Aprendizagem**. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária, 1999.

OLIVEIRA, A.B. de. **Andragogia -a educação de adultos**. 2007. Disponível em: <<http://www.serprofessoruniversitario.pro.br/ler.php?modulo=1&texto=13>>. Acesso em: 20 mai. 2012.

OLIVEIRA, A. G. C. **Elaboração da Componente Curricular “Química para o Ensino Técnico”, utilizando princípios da Politecnia**. Brasília, 2012.

PELIZZARI, A.; KRIEGL, M. L.; BARON, M. P.; FINCK, N. T. L.; DOROCINSKI, S. I. **Teoria da aprendizagem significativa segundo Ausubel**. Rev. PEC, Curitiba, v.2, n.1, p.37-42, jul. 2001-jul. 2002.

PIAGET, J. **A epistemologia genética**. Rio de Janeiro: Editora Vozes, 1973.

PIAGET, J. **Psicologia da inteligência**. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1977.

PNUD. **Relatório de Desenvolvimento Humano 2011**. Tradução de Strategic Agenda LLP. Washington: Communications Development Incorporated, 2011. Disponível em: <http://hdr.undp.org/en/media/HDR_2011_PT_Complete.pdf>. Acesso em: 29 mar. 2012.

ROGERS, C.R. **Liberdade para aprender**. Belo Horizonte: Editora Interlivros, 1971.

SKINNER, B.F. **Ciência e comportamento humano**. São Paulo: Editora Martins Fontes, 1998. (1953).

SOARES, M. A. **Aplicação do método de ensino Problem Based Learning (PBL) no curso de Ciências Contábeis: um estudo empírico**. Ribeirão Preto, 2008. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/96/96133/tde-19052008-134942/pt-br.php>>. Acesso em: 18 jun. 2008.

VYGOTSKY, L. S. **Pensamento e linguagem**. São Paulo: Editora Martins Fontes, 1987.

APÊNDICE

Apêndice A – Questionário aplicado aos alunos da disciplina Química Orgânica Fundamental.

Questionário

Você está sendo convidado a participar de um projeto de investigação sobre o ensino de Química. Esse questionário tem como objetivo investigar aspectos importantes na aprendizagem de Química Orgânica Fundamental ofertada na Universidade de Brasília. Meu interesse é compreender de que forma os miniseminários influenciaram na aprendizagem e na dinâmica da disciplina. Assim, é importante dizer que você NÃO está sendo avaliado por isso e que as informações contidas nesse questionário serão discutidas na pesquisa, mas o anonimato será preservado. A sua participação é muito importante para conclusão deste trabalho.

Solicito que você leia, reflita e responda a todas as questões abaixo, com atenção e da forma mais completa possível.

Sexo: () Masculino () Feminino

Idade: _____

Curso: _____

Calouro: () Sim () Não, por favor indique o semestre: _____

Dinâmica aplicada nesta disciplina: exposição dos temas dos miniseminários → discussão em grupo do tema → apresentação do miniseminário para a turma → abordagem do conteúdo pela professora a partir dos assuntos discutidos nas apresentações.

Pergunta	Não concordo totalmente	Concordo parcialmente	Indiferente	Não concordo parcialmente	Concordo totalmente
1. A apresentação de miniseminários ao longo da disciplina favoreceu a aprendizagem do conteúdo.					
2. O estudo prévio dos assuntos para a apresentação dos miniseminários facilitou o acompanhamento das aulas.					
3. A dinâmica dos miniseminários influenciou no rendimento da prova.					
4. Esta dinâmica da disciplina permitiu você desenvolver sua habilidade de apresentação oral com as participações nas reuniões de grupo e nos miniseminários.					
5. Esta dinâmica facilitou a					

elaboração dos relatórios de apresentação e as respostas das questões de prova durante a disciplina.					
6. Com esta dinâmica na disciplina, foi possível perceber a aplicabilidade desse conteúdo em diversas áreas do trabalho.					
7. A dinâmica da disciplina permitiu o desenvolvimento da habilidade de trabalhar em grupo.					
8. A apresentação dos temas do miniseminários foi um desafio para você, levando em consideração que deveria solucionar o problema.					
9. Esse formato de disciplina desenvolve a autonomia, comprometimento e responsabilidade do aluno.					
10. Pode-se dizer que você aprendeu a aplicar o conteúdo abordado nos temas dos miniseminários.					
11. Com esta dinâmica da disciplina, houve maior envolvimento dos alunos ao longo do curso.					

12. Em sua opinião, a aprendizagem foi facilitada com esta dinâmica utilizada na disciplina? Justifique sua resposta.

Apêndice B – Ementa Programa para disciplina introdutória de Química Orgânica.



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

Instituto de Ciências Biológicas / Instituto de Física/ Instituto de Química

Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências

Mestrado Profissional em Ensino de Ciências

**METODOLOGIA ALTERNATIVA PARA ABORDAGEM INTRODUTÓRIA DA
QUÍMICA ORGÂNICA: APLICAÇÃO E AVALIAÇÃO DE UMA EXPERIÊNCIA
DIDÁTICA**

Renata Sampaio Cardim

Proposta de ação profissional resultante da dissertação realizada sob orientação da Profª. Drª. Maria Márcia Murta e apresentada à banca examinadora como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Ensino de Ciências – Área de Concentração: Ensino de Química, pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Universidade de Brasília.

Brasília, DF

2013

- **Apresentação**

Encontram-se nessa ementa-programa algumas sugestões de abordagem dos conteúdos de química orgânica que podem subsidiar professores que ministram disciplinas introdutórias de Química Orgânica nos cursos de graduação e nos Institutos Federais, principalmente, com o intuito de proporcionar uma aprendizagem mais efetiva para essa disciplina e uma participação mais ativa dos alunos. A metodologia apresenta aspectos que desenvolvem a autonomia de trabalho dos alunos e apresenta uma didática favorável a interação do professor e do aluno, além de permitir uma aproximação do conteúdo com situações presentes no cotidiano de algumas profissões.

Essa metodologia foi desenvolvida a partir da observação e comparação dos resultados obtidos em semestres anteriores. O principal objetivo era perceber as falhas no método de aprendizagem e as lacunas existentes no processo para que pudessem ser sanadas no semestre seguinte. A partir dessa análise, para o 1º semestre de 2012, passou-se a utilizar outra metodologia de ensino na disciplina. Esta alternativa metodológica é fundamentada na filosofia cognitivista, que analisa os mecanismos cerebrais e suas interpretações para explicar como se dá o processo de aprendizagem, e foi elaborada a partir de outras metodologias que já são usadas em muitas disciplinas da universidade. A intenção é apresentar aspectos que facilitem a abordagem do conteúdo para os alunos. Nesse caso a disciplina era voltada para os alunos do curso de Biotecnologia, por isso os problemas apresentados como temas dos miniseminários estão contextualizados para essa área do conhecimento. Caso a disciplina seja ofertada para outros cursos de graduação, é necessário adaptar os temas dos miniseminários para o novo contexto. Nessa ementa, já estão propostas alterações, em relação à metodologia que foi testada no 1º semestre de 2012, visando melhorar a eficácia do processo.

- **Metodologia**

A disciplina deve ser organizada em módulos para facilitar a apresentação dos conteúdos e a organização deles em grandes planos. Em cada módulo são apresentados miniseminários, nos quais os alunos estudam e discutem temas relacionados ao cotidiano e mercado de trabalho deles. Ao final de cada módulo, deve ser aplicada uma avaliação discursiva para analisar o aproveitamento e rendimento dos alunos.

Sugere-se dividir a turma em grupos de 10 alunos, em média, e dentro dos temas abordados no minisseminário, sugerir algumas questões para direcionar o estudo e trabalho deles. Essa dinâmica favorece o comprometimento dos alunos e a realização de estudos prévios acerca do conteúdo que será discutido em sala com a participação do professor. Para garantir o empenho de todos os alunos, os 2 alunos que apresentarão o minisseminário devem ser sorteados no dia entre os 10. Assim a responsabilidade passa a ser de todo o grupo. O tempo estimado para cada apresentação varia de 15 a 20 minutos. Os demais alunos do grupo não participam da apresentação nesse momento, mas podem ser questionados sobre o assunto a qualquer momento pelo professor ou por colegas da turma. As contribuições feitas pelos demais alunos do grupo podem ser levadas em consideração na participação para o fechamento da nota do semestre.

Figura 1: Dinâmica dos Minisseminários.



Elaboração própria.

Para a composição da média do aluno é preciso levar em consideração também o seu rendimento nas avaliações discursivas. Porém, essa avaliação apresenta um perfil diferenciado, porque nela aparecem questões que estão diretamente relacionadas com os temas dos minisseminários. Assim o aluno precisa acompanhar a dinâmica da aula e prestar a devida atenção nas discussões realizadas em sala e nos assuntos abordados nos diversos minisseminários que eram apresentados ao longo do curso.

Com a aplicação dessa metodologia, foi possível perceber uma melhora no rendimento dos alunos em relação aos dois semestres anteriores. Também foi diagnosticado que o conteúdo que os alunos apresentam maior dificuldade é o mecanismo das reações químicas, pois envolve muitos conceitos e a representação de estruturas químicas. Portanto, todo o planejamento das aulas deve levar em consideração a representação das estruturas químicas e as suas reações.

- **Planejamento das aulas**

Os temas dos miniseminários devem ser apresentados ao final de uma aula teórica para que a discussão aconteça na aula seguinte. Dessa forma, os alunos terão tempo de estudar previamente o assunto como subsídio para a discussão em sala com os demais colegas do grupo.

Nessa ementa-programa são sugeridos cinco temas para miniseminários, que estão voltados para o curso de Biotecnologia, já que a disciplina de Química Orgânica onde a metodologia foi testada foi ofertada para esse curso. Mas os temas devem ser adaptados de acordo com as necessidades e particularidades de cada turma.

- ❖ **Módulo 1**

A primeira parte da disciplina tem como objetivo apresentar a Química e os seus principais conceitos. É importante ressaltar que o aspecto histórico facilita o entendimento das leis e teorias, porque é possível compreender a evolução do conceito e o contexto vivido na época. Mesmo sendo uma disciplina de química orgânica é imprescindível explicar e discutir com os alunos conceitos básicos como, por exemplo, a energia e os princípios da termodinâmica, porque esses auxiliam as próximas relações e definições que serão estudadas. A seguir são apresentados os grandes planos de conteúdos que devem ser abordados no módulo 1.

Grande Plano 1

- **Origem, evolução histórica e importância da Química Orgânica, pós Revolução Industrial;**

Sugestão de texto para iniciar a abordagem histórica.

Texto baseado no livro Física e Filosofia de HEISENBERG.

Esse trabalho tem como objetivo fazer uma abordagem sintética, ou seja, a partir da menor estrutura da matéria, em oposição à abordagem analítica. O intuito é explicar e justificar a importância da contextualização histórica para um melhor entendimento da ciência e da evolução do conhecimento científico. O estudo da menor parte da matéria nos permite entender a sua composição e sua formação. Assim, percebemos a necessidade de conhecer a estrutura da matéria para compreender suas características e propriedades.

O conhecimento científico utilizado na modernidade teve origem no pensamento filosófico grego, ou seja, a construção do nosso conhecimento vem da sabedoria dos filósofos gregos. Foi essa filosofia que revelou o verdadeiro sentido da palavra realidade, quando criou uma nova forma de pensar denominada teoria, que vem do grego *épisteme theoretike*. Essa nova forma de pensar surgiu no século VI a. C., aproximadamente, e deu origem as ciências gregas da natureza que se contrapunham ao Cristianismo, porque este foi criado pelos homens simples e crédulos e só se baseou na teoria, reinterpretando-a, quando foi necessário consubstanciar a fé cristã, ou seja, a natureza havia perdido parte de sua importância para os homens, porque passou a ser considerada apenas uma criação de Deus e a qualquer momento ela poderia ser desfeita, já que dependia da vontade Dele. Mas, o surgimento da Teologia, que é uma teoria de Deus, faz com que o interesse pela natureza ressurgja no fim da Idade Média, consolidando as ciências da natureza. Esse pensamento grego foi transferido para o mundo ocidental pela Idade Média, através da Teologia. Portanto, com uma característica na crença, a natureza voltou a despertar interesse nos homens mesmo sendo uma criação divina.

A lógica e a matemática vêm para tornar o pensamento grego mais exato, isto é, moldar a ciência e torná-la mais real, já que elas garantem a exatidão do pensamento teórico. Com essa formalização da natureza, a realidade passou a ser vista pela teoria, daí vem o desenvolvimento do conhecimento de acordo com os diversos pensamentos propostos. Platão usa o pensamento pitagórico para concluir que a essência da natureza é a combinação expressa dos números, assim surgem os quatro elementos (terra, água, fogo e ar) para explicar a existência da matéria, a partir de suas combinações. Na verdade, a representação desses quatro elementos é interpretada pela geometria, que é a teoria das formas perfeitas, traduzindo a realidade em tetraedro, cubo, octaedro e icosaedro, ou seja, os elementos são representados por formas geométricas com o objetivo de formalizar a existência das coisas. Assim, o mundo das idéias de Platão é dividido em real e ideal, onde o pensamento matemático se ocupa das formas geométricas, enquanto no mundo ideal, as coisas são abarcáveis pelo pensamento dialético. A teoria se ocupava do mundo ideal e as demais coisas do mundo (realidade) eram discutidas baseadas em opiniões e crenças, isso é que deu origem as doutrinas metafísicas que foram denominadas de idealismo. Depois de Platão, Aristóteles propõe um novo olhar sobre a natureza. Ele tem uma inspiração lógica, isto é, parte de alguns pressupostos e a partir deles as conclusões vão sendo deduzidas, não utiliza a matemática. Ele acredita que a natureza é dotada de animação, ou seja, as partículas apresentam um movimento organizado e se transformam por meio das causas ou pelo acaso, em alguns casos. Platão e Aristóteles

discordavam em alguns aspectos nas suas teorias, porque Aristóteles não separou as ideias das coisas, como Platão fazia. Essa diferença na abordagem da ciência é justificada pela doutrina que eles faziam parte.

No período helenístico é que a natureza deixa de ser contemplação e passa a ter seus fenômenos descritos pelos cálculos efetuados com a geometria e a aritmética. Durante muito tempo, alguns ajustes matemáticos foram feitos para adaptar os cálculos aos fenômenos observados, hoje chamamos de aproximações matemáticas. Por exemplo, Ptolomeu (século II a. C.) estudou o movimento dos astros, baseado nas conclusões de Aristóteles de que os planetas descreviam órbitas circulares, já que os círculos eram as figuras geométricas mais compatíveis com a perfeição dos céus. Mas, nem sempre, os fenômenos se adaptavam a esse modelo, porque em algumas situações observadas os planetas pareciam mover-se em sentido contrário ou em órbitas que não eram circulares. Assim, Ptolomeu concluiu que as aparências dos fenômenos podem ser enganosas e não cogita a possibilidade de que esse fato contrariava a teoria, ou seja, esse pensamento não é questionável, porque é teórico. O erro está na observação, que não deve ter sido feita de maneira coerente. Percebe-se, portanto, que a matematização da ciência ainda não estava muito bem estabelecida, porque existiam impasses dos filósofos em relação a observação e os cálculos apresentados. Daí a necessidade de fazer tantos ajustes para que determinada teoria ficasse adequada a um fato observado. Pierre Duhem trata da evolução da física, porque de Platão até Galileu percebia-se os ajustes da teoria à aparência dos fenômenos, mas depois a matematização dos fenômenos se torna mais relevante para ampliar e melhorar o conhecimento da natureza. Essa matematização da natureza se estendeu por diversos campos do conhecimento e possibilitou novas descobertas. A matemática começou a ser usada como um instrumento de conhecimento para deixar a visão de contemplação da realidade, formalizando os fenômenos observáveis.

Um dos resultados desse processo de matematização da natureza foi a imagem do mundo com o posicionamento dos continentes e mares, isso foi feito com a ajuda da astronomia de posição e da cartografia científica. Isso é que permitiu a consolidação da ciência moderna, já que a ciência aristotélica era baseada na inspiração lógica, sem o uso da matemática. Na ciência moderna, a partir de Galileu, a equação matemática é válida, porque é deduzida a partir das experiências. Com a evolução da matemática em diferentes regiões do mundo e a sua consolidação, ela passou a ser usada como instrumento para auxiliar a interpretação dos fenômenos. No período renascentista, Leonardo da Vinci afirma que não existe uma certeza onde a ciência matemática não possa ser aplicada, isto é, o conhecimento é

construído a partir da experiência e formalizado pela matemática, porque são os fenômenos que nos ensinam como a natureza opera.

Galileu, no início do século XVII, representa uma transição do movimento científico renascentista para a ciência moderna. A experiência e a matemática assumem um papel importante para esse desenvolvimento. Para Galileu, a matemática tem uma nova função, a de analisar os fenômenos naturais. A descoberta da geometria analítica e do cálculo diferencial contribuíram para isso. A atribuição do novo significado para a palavra experiência se deve a importância de pensar sobre um fenômeno quando vai ser investigado, esse seria o papel da mente, e a experiência é idealmente organizada e tem como objetivo comprovar a verdade ou denunciar a falsidade.

A evolução do cálculo matemático permitiu a construção de vários conceitos e o desenvolvimento do conhecimento científico, assim as teorias foram construídas. Até hoje, usamos a matemática para formalizar os conceitos. O professor Newton da Costa desenvolveu um fluxograma para explicar a classificação das ciências. Nessa construção é possível perceber como a matemática antecede o pensamento científico nas demais áreas, ela independe da experimentação, diferentemente da física, por exemplo.

A percepção de ciência se torna mais abrangente quando pensamos em construção do pensamento científico e formalização dele a partir da lógica e da matemática. Quando entendemos a construção desse pensamento, fica mais fácil compreender porque a matemática permeia tantas outras ciências. O desenvolvimento dela vem desde antes de Cristo e sua evolução aconteceu de maneiras diferentes nos continentes, por isso a riqueza que temos na sua construção.

A ciência pode ser dividida em duas frentes: formais, que são aquelas que não necessitam de experimentação e as ciências empíricas que são estudadas a partir da observação dos fatos, portanto a experimentação tem um papel fundamental. As ciências empíricas são estudadas a partir da observação dos fenômenos, mas são desenvolvidas pela formalização das ideias, porque uma vez que o fato é observável, podemos prevê-lo para outras situações com modelos matemáticos, isso é o que fazemos hoje nas ciências, buscamos prever situações a partir de fatos observados. Por isso, usei anteriormente no texto a expressão matematização da ciência, criada pelo autor Milton Vargas, que seria a formalização do pensamento científico. As ciências empíricas são divididas em naturais e humanas, porque tem abordagens diferentes. As ciências naturais estudam a natureza e suas interações com os

seres vivos, a palavra física vem do grego *fisis* que significa natureza, a química é uma linguagem representacional que descreve a matéria e os fenômenos que a envolvem, enquanto que a biologia estuda o ser vivo. Já as ciências humanas estudam interações dos seres vivos e não propriamente a sua constituição/ composição.

A partir desse entendimento da ciência, fica fácil perceber que a evolução histórica facilita a percepção dos conceitos e a construção do pensamento. A importância de compreender o desenvolvimento histórico e não apenas citar os fatos históricos cronologicamente permite uma linha de raciocínio para entender a ciência. Sabemos que o que permitiu esse desenvolvimento da ciência foi o pensamento filosófico grego que tinha o intuito de explicar a variedade das coisas existentes a partir da unidade, ou seja, a tentativa de achar alguma coisa que fosse comum a composição, constituição de toda matéria e que justificasse a diversidade dela pela possibilidade de diferentes combinações do que tínhamos, daí vários filósofos tentaram descobrir a partícula fundamental que explicava todas as coisas existentes no universo.

Atualmente, a teoria mais aceita para a explicação do universo data de aproximadamente, treze bilhões de anos e meio e se chama Teoria do Big Bang, que tenta explicar a criação de tudo a partir de uma explosão causada pelo desequilíbrio na quantidade de matéria e anti-matéria, que era criada e se aniquilava ao mesmo tempo. Nessa explosão, foi liberada uma quantidade muito grande de energia e na poeira cósmica existiam algumas partículas simples, que por sua vez foram se juntando e dando origem a partículas mais complexas, até que chegamos na composição do universo. Depois de quinhentos mil anos, estima-se que as quatro forças fundamentais foram separadas em forte, fraca, gravitacional e eletromagnética, nesse momento a radiação e a matéria se separaram. O sistema solar foi criado por volta de cinco bilhões de anos, depois o planeta Terra, até que a vida surge em três bilhões e oitocentos milhões de anos, essas datas são aproximadas, mas os fósseis mais antigos, que são os extromatólitos, são datados dessa época. Depois, temos a evolução das espécies até chegar no *homo sapiens sapiens*, que é a nossa espécie, por volta de cem mil anos atrás. Depois da nossa espécie, temos o desenvolvimento da civilização e da sabedoria.

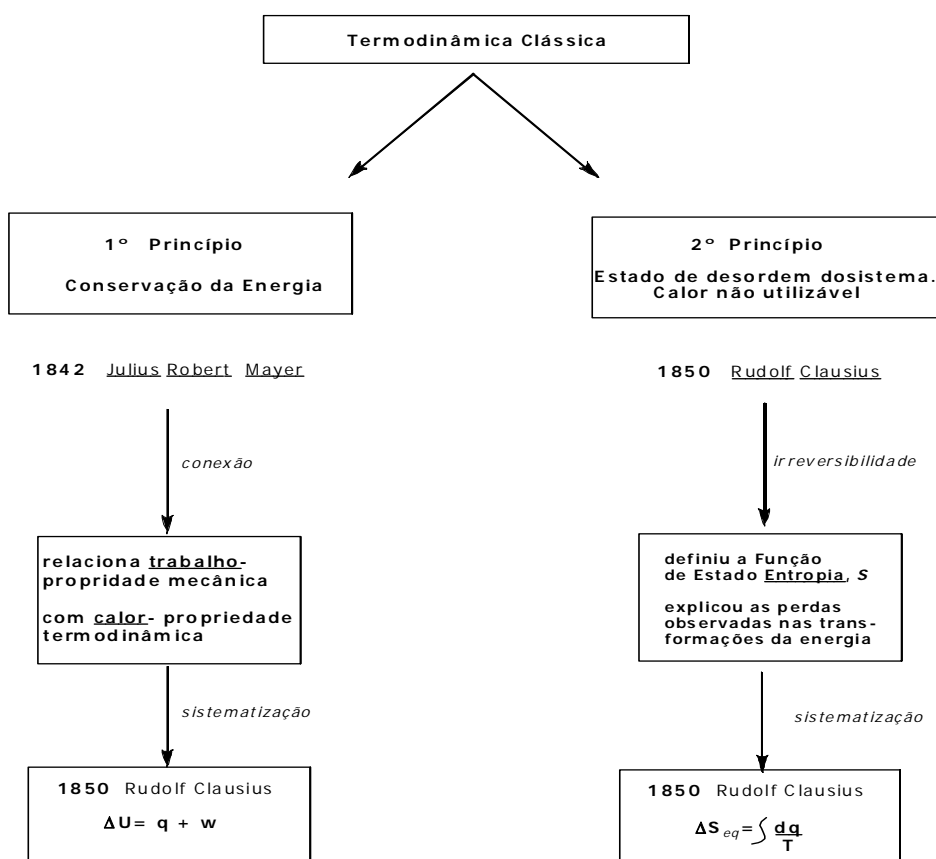
- **A natureza da energia e fontes renováveis;**
- **Princípios da termodinâmica (1ª e 2ª Leis);**

Sugestão de texto para iniciar as Leis da Termodinâmica.

Texto baseado no livro Físico Química do ATKINS.

Um dos principais conceitos da ciência é a energia. Todos os fenômenos estudados pela ciência envolvem energia. É possível perceber a energia pela troca de calor entre os corpos, quando esses possuem diferentes temperaturas, logo calor pode ser definido como a transferência de energia entre corpos, isto é, energia em trânsito. Mas, o que é energia? Pode-se definir esse conceito como a capacidade de realizar trabalho, ou seja, é o movimento contra uma força que se opõe ao deslocamento. A termodinâmica estuda essas transformações de energia.

Figura 2: Diagrama de Termodinâmica



Fonte: MURTA, 2012.

- Combustíveis fósseis e métodos de obtenção;
- Estados de oxidação;
- Petróleo;

- Reações de combustão e oxirredução;
- Ligações químicas e estruturas moleculares: representação de Lewis; ligação covalente e suas propriedades. Isomeria constitucional: representações estruturais das moléculas orgânicas: teoria da ligação de valência, ressonância, hibridação eletrônica e teoria dos orbitais moleculares.
- Alcanos e cicloalcanos: nomenclatura, propriedades físicas e reações de combustão e halogenação – Efeito Estufa;
- Grupos funcionais e nomenclatura sistemática dos compostos orgânicos;
- Quebra homolítica e heterolítica da ligação química.
- Natureza ondulatória da luz;

Bibliografia Recomendada:

1. SEGRÈ, E. **Dos raios X aos quarks: físicos modernos e suas descobertas.** Brasília, Universidade de Brasília, 1987.
2. HEINSERBERG, W. **Física e Filosofia.** 1958.
3. Brown, T. L.; LeMay Jr, H. E.; Bursten, B.E.; in “**Química: Ciência Central**” Prentice Hall, 9ª Ed. Rio de Janeiro, 2005.
4. ATKINS, P. **Físico-química.** Tradução: Edilson Clemente da Silva. 8ª Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008.
5. MURTA, M. M. **Anotações de aula.** 2012.

1º Miniseminário

Problema: Por que a utilização de biocombustíveis tem um impacto menor no efeito estufa (emissão de carbono) comparado aos combustíveis fósseis?

A partir desse problema é possível explorar em sala a questão da energia. Apresentar o que são combustíveis: moléculas que apresentam ligações entre carbonos. Estas substâncias estão reduzidas e são ricas em energia, podendo ser oxidadas. Por isso, o gás carbônico é produto da combustão completa, sendo a forma mais oxidada do carbono, isto é, não libera mais energia a partir das suas reações. A energia se apresenta de diversas formas, por exemplo, algumas reações químicas envolvem trocas de energia, assim como a respiração dos seres humanos, que libera energia química, e a fotossíntese das plantas, que precisa da energia solar para que a reação aconteça.

Dentro da classificação de combustíveis, pode-se citar o petróleo, que é um combustível fóssil. Já o biodiesel e a biomassa são classificados como biocombustíveis.

Ainda nesse miniseminário, é possível explicar a formação do petróleo e o seu método de separação. A partir da destilação fracionada é possível obter as diferentes frações do petróleo que dão origem aos seus diversos derivados. O petróleo pesado, assim é denominado porque a fração de moléculas maiores predomina, sendo necessário quebrar essas moléculas, reação que é chamada de craqueamento.

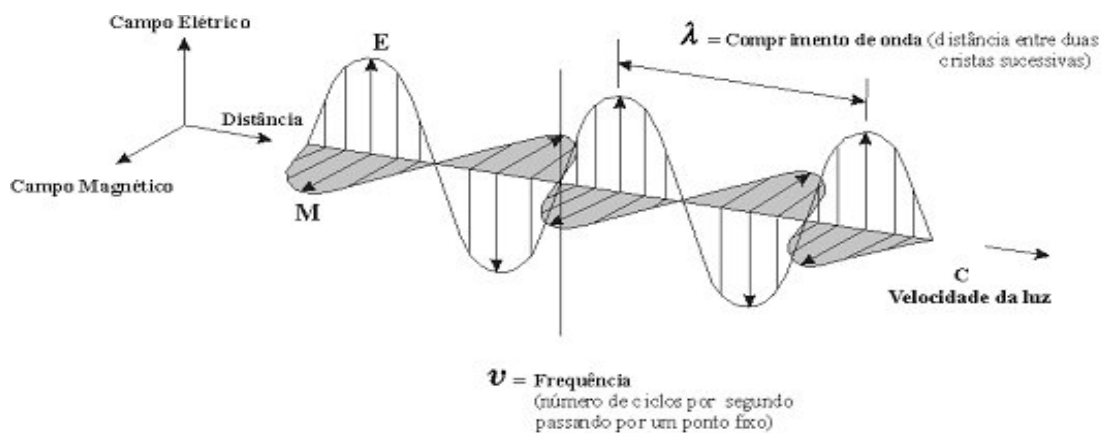
Questões para discussão:

- De que maneira os combustíveis geram energia?
- Quais os tipos de energia? (Conversão de energia química em elétrica e mecânica);
- Como ocorrem as transformações de energia? (1º Princípio da Termodinâmica);
- Qual o rendimento das máquinas? (2º Princípio da Termodinâmica);
- O que é efeito estufa?
- Por que o aumento na emissão de CO₂ intensifica o efeito estufa?
- Vantagens e desvantagens do efeito estufa.
- Mostre um exemplo do uso de biotecnologia para a produção de biocombustíveis.

Sugestão de texto para abordar ondas eletromagnéticas.

As ondas eletromagnéticas são oscilações formadas a partir da interação dos campos elétrico e magnético. Elas se propagam com a velocidade da luz 300.000 km/s no vácuo, nos meios materiais essa velocidade tem uma pequena alteração, por conta da absorção de energia em função da variação dos campos elétrico e magnético.

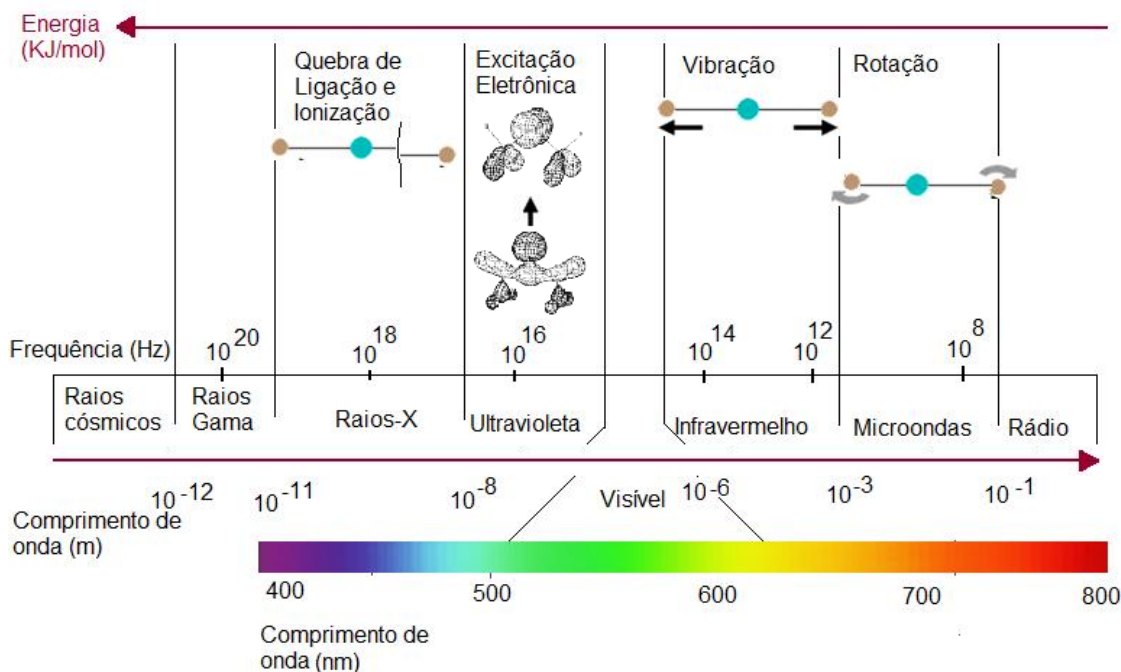
Figura 3: Onda eletromagnética.



Fonte: <http://www.fao.org/docrep/003/T0355S/T0355S02.htm>. Acesso em: 14 fev. 2013.

Essas radiações apresentam diferentes comprimentos de onda e frequência e, conseqüentemente, diferentes quantidades de energia. O espectro eletromagnético é a organização das ondas eletromagnéticas em ordem crescente de frequência, por exemplo. Os seus comprimentos de onda variam de poucos metros, que são as ondas de rádio até 10^{-2} metros, que são os raios X.

Figura 4: Espectro eletromagnético.



Fonte: Anotações de aula. Murta, 2012.

A partir dessa figura, é possível observar que as faixas do espectro estão associadas a estrutura eletrônica dos átomos e ao movimento das moléculas. As ondas de menor frequência como as microondas estão associadas a rotação e a translação das moléculas, já a radiação infravermelha no intervalo de $48,0 \text{ kJ.mol}^{-1}$ a $4,8 \text{ kJ.mol}^{-1}$ está associada a vibração das ligações químicas, ou seja, pode provocar o estiramento e as contrações das ligações ou o movimento dos átomos para trás ou para frente. A radiação infravermelha proveniente dos raios solares atravessa a superfície da Terra e aquece o Planeta, mantendo a temperatura constante para que exista vida, sem essa radiação a temperatura média no planeta seria em torno de -18°C . Uma parte desta radiação é refletida de volta ao espaço, porém uma quantidade dela não regressa ao espaço, porque é absorvida pelos gases estufa e ajuda a manter a superfície da Terra aquecida. Esse fenômeno, que é natural, é conhecido como Efeito Estufa. Com o passar dos anos e o aumento na atividade industrial e na produção de energia, o ser humano passou a produzir uma quantidade maior de gás carbônico, produto da reação de combustão dos combustíveis fósseis, por exemplo, e a espessura dessa camada atmosférica passou a ser maior, com isso a quantidade de radiação retida na superfície do planeta tendo sido maior nos últimos anos, o que pode influenciar no aumento da temperatura média do planeta. Após a radiação infravermelha no espectro, temos a luz visível que está no intervalo que o homem consegue enxergar. Nessa faixa, temos a explicação das cores que são

percebidas pelas células denominadas cones que estão presentes nos nossos olhos. A luz visível é fundamental para a sobrevivência das plantas, já que essas são seres autótrofos, isto é, produtoras do próprio alimento, porque a luz visível é que permite a reação química chamada de fotossíntese. Parte dessa radiação é absorvida pela clorofila, um pigmento de complexo coordenado com um átomo de magnésio, que faz as transições eletrônicas ao absorver essa energia e caracteriza a cor das plantas como verde.

Figura 5: Estrutura da Clorofila.

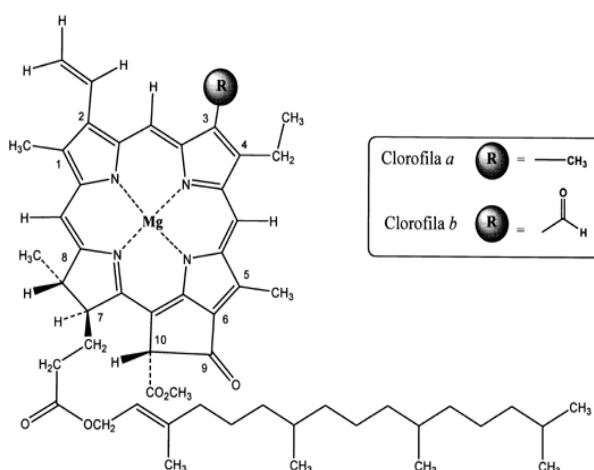


Figura 1 - Estrutura química da clorofila a e clorofila b.

Fonte: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-84782005000300043&script=sci_arttext. Acesso em: 22 fev. 2013.

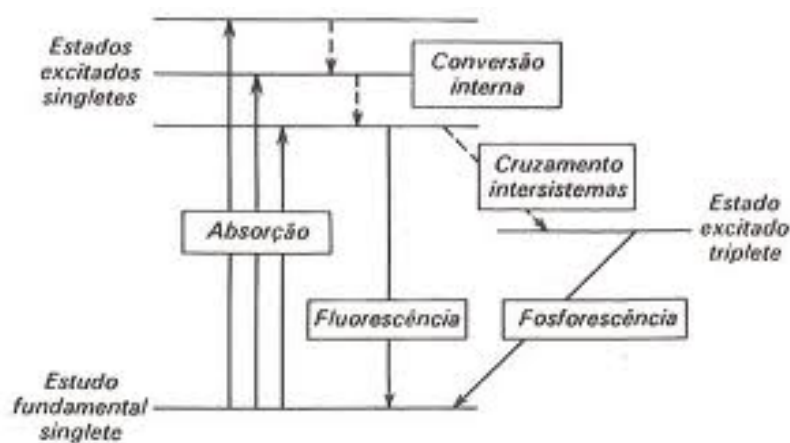
A radiação ultravioleta é classificada em UV-A, UV-B e UV-C, sendo que a radiação UV-C, mais nociva ao homem, não chega até a superfície da terra. Ela é retida na camada de ozônio e é responsável pelas transições de elétrons no ozônio. A radiação ultravioleta é capaz de mover um elétron de um orbital para outro. Essa radiação propicia a reação de transformação do ozônio em gás oxigênio.

Os protetores solares surgiram no final da década de 70 e início dos anos 80, são compostos por substâncias que apresentam sistemas conjugados, o que facilita a absorção de radiação na região do ultravioleta. A melanina é uma molécula que existe no corpo do ser humano e atua como um protetor solar natural, a exposição a essa radiação estimula a produção dessa substância no organismo, protegendo a pele de danos causados por esta radiação. Existem também as substâncias que são comercializadas como protetores solares, por exemplo, o óxido de titânio que forma uma barreira física na pele e reflete a radiação evitando que ela seja absorvida pela pele. Outras substâncias são consideradas barreiras químicas, porque absorvem a radiação, como por exemplo, o ácido paraaminobenzóico, que

foi comercializado durante muito tempo, mas deve ser evitado por conta das reações alérgicas que desenvolve. Estas substâncias absorvem a radiação antes mesmo da melanina, o que evita o bronzeamento do corpo. O protetor solar deve ser usado corretamente, isto é, a reposição deve acontecer a cada duas horas, porque as moléculas que compõem esse produto são degradadas após sucessivas transições eletrônicas.

Para explicar algumas das transições eletrônicas, pode-se usar o diagrama de Jablonski. Ele permite compreender dois fenômenos muito comuns no nosso cotidiano: a fluorescência e a fosforescência. Na fluorescência a relaxação, liberação de energia na forma de fótons, acontece de uma única vez, sem que os elétrons passem pelo estado excitado triplete, já na fosforescência a relaxação ocorre em etapas, conforme aparece na figura.

Figura 6: Diagrama de Jablonski.



Fonte: <http://infinito-e-diverso-els.blogspot.com.br/2011/11/diagrama-de-jablonski.html>.
Acesso em: 22 fev. 2013.

2º Miniseminário

Problema: De que maneira a nanotecnologia tem influenciado na produção e desenvolvimento de protetores solares?

Questões para discussão:

- Qual a diferença entre protetor e bloqueador solar?
- De que forma os protetores são capazes de impedir ou diminuir a absorção de radiação proveniente do sol?
- Quais os riscos existentes na utilização de determinadas substâncias para a fabricação dos protetores?

- Qual o fator de proteção solar (FPS) mínimo recomendado para evitar danos à pele?
- Existem alternativas para uma exposição menos prejudicial ao sol?
- Como as substâncias constituintes dos protetores são escolhidas para evitarem a absorção dessa radiação pela pele?
- O que faz uma substância ter esse efeito?

❖ Módulo 2

Os conceitos introdutórios já foram apresentados na primeira parte da disciplina. Assim, novos conceitos podem ser introduzidos de maneira que estejam relacionados com os anteriores e o nível de dificuldade seja maior. Essa metodologia de ensino está fundamentada na teoria de Bruner (1976), que afirma que o conteúdo deve ser em espiral, ou seja, um mesmo conceito é apresentado em diversos momentos da disciplina com diferentes níveis de profundidade. Portanto, no segundo módulo serão reforçados conteúdos já discutidos em um primeiro momento, mas novos conceitos serão introduzidos para realizar conexões com os anteriores.

Grande Plano 2

- Alcenos e cicloalcenos: nomenclatura, propriedades físicas e métodos de obtenção. Reações de hidrogenação, adições eletrofílicas (X_2 , HX e H_2O) e polímeros de adição;
- Mais alguns grupos funcionais e nomenclatura sistemática dos compostos orgânicos;
- Forças intermoleculares: forças de dispersão ou forças de London, interação dipolo-dipolo e ligação de hidrogênio, além dos seus efeitos sobre as propriedades físicas, por exemplo, ponto de ebulição e estado de agregação;
- Propriedades químicas dos compostos orgânicos: acidez e basicidade, nucleofilicidade e eletrofilicidade e efeito indutivo.

Bibliografia Recomendada:

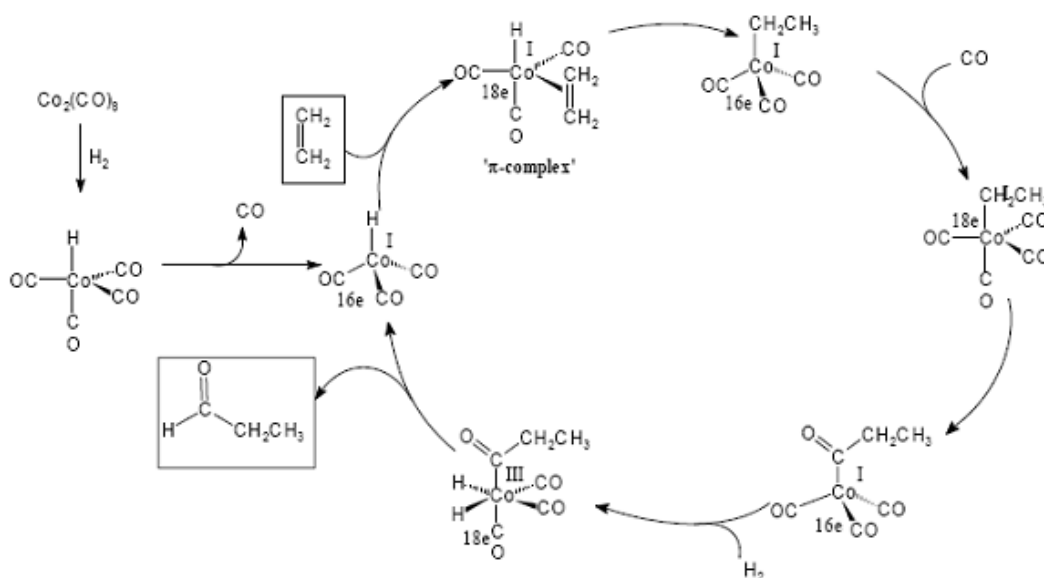
1. McMurry, J. **“Organic Chemistry”**, 6th ed., Brooks/Cole Publishing Company, 2003.
2. Clayden, J.; Greeves, N.; Warren, S.; Wothers, P.; in **“Organic Chemistry”**; Ed. Oxford University Press; New York, 2001.

Sugestão de texto para abordar gordura *trans*.

As gorduras *trans* são produzidas como subproduto (efeito colateral), por uma reação química denominada hidrogenação, que pode ocorrer naturalmente no rúmem de animais ou em processos industriais que são chamados de hidrogenação catalítica. Este processo transforma os óleos vegetais que são líquidos a temperatura ambiente (cadeias carbônicas insaturadas) em gorduras sólidas (cadeias carbônicas saturadas). As gorduras *trans* estão presentes em maior quantidade nos produtos industrializados, porque são usados para melhorar a consistência dos alimentos e aumentar o seu prazo de validade. As quantidades diárias que ingerimos ainda não foram determinadas, mas é possível saber que essas moléculas não participam do metabolismo do corpo, porque elas não são identificadas, por isso acredita-se que elas ficam acumuladas nas artérias e em outras regiões do corpo humano.

A reação de hidrogenação acontece com os alcenos, hidrocarbonetos que apresentam duplas ligações, na presença de um catalisador, geralmente são usados platina e paládio. A primeira etapa dessa reação ocorre com a adsorção de H_2 a superfície do catalisador, logo após ocorre a complexação do catalisador e do alceno e, por fim o hidrogênio é inserido na ligação dupla e o produto saturado é desorvido do catalisador. A estereoquímica da reação é *cis*, porque ambos os hidrogênios são adicionados ao mesmo lado da ligação dupla, mas como os alcenos são muito reativos no produto é possível observar também a formação da estrutura *trans*.

Figura 7: Hidrogenação catalítica de alcenos.



Fonte: <http://www.pucrs.br/quimica/professores/arigony/hidro.html>. Acesso em: 22 fev. 2013.

3º Miniseminário

Problema: A gordura *trans* está presente em muitos alimentos industrializados que consumimos, explique porque essas macromoléculas são prejudiciais ao nosso organismo do ponto de vista do metabolismo. Mostre exemplos de uso da biotecnologia na indústria alimentícia.

Questões para discussão:

- Os conhecimentos em biotecnologia têm contribuído para diminuir a porcentagem de gordura *trans* no processo de hidrogenação catalítica?
- Explique a diferença estrutural entre as gorduras *cis*- e *trans*-.
- As duplas ligações presentes nos ácidos linoleico, linolênico e araquidônico são conjugadas? Explique.
- De que maneira o gás oxigênio do ar participa da oxidação dos óleos vegetais?
- Qual a diferença entre óleo mineral e vegetal?
- Qual a diferença entre óleos vegetais e gorduras?

4º Miniseminário

Problema: De que maneira a composição dos agrotóxicos pode se tornar ao mesmo tempo prejudicial à saúde, mas positiva para a produtividade agrícola? Cite um exemplo de aplicação da biotecnologia na agroindústria.

Questões para discussão:

- Explique os benefícios do DDT e porque essa substância foi proibida.
- Explique a técnica de controle natural de pragas.
- De que maneira a biotecnologia tem sido utilizada no processamento de alimentos.
- Qual a relação da biotecnologia com os transgênicos.
- Os agrotóxicos são divididos em classes, qual o grupo funcional mais comum dessas substâncias?
- Qual a estrutura desses compostos?

❖ Módulo 3

Esse é o último módulo da disciplina, por isso é preciso reunir todos os conceitos apresentados e estudados ao longo do curso a fim de consolidar a aprendizagem em química orgânica. Cumpre ressaltar que o conteúdo é muito extenso, mas a intenção é dar noções de química orgânica para que os alunos possam representar as estruturas e conhecerem essa representação. O aspecto mais importante a ser trabalhado em todos os momentos são os diferentes mecanismos de reações químicas, porque foi possível observar que mesmo ao final dessa metodologia aplicada muitos alunos ainda apresentaram dificuldade em representar o mecanismo de algumas reações.

Grande Plano 3

- Alcinos: nomenclatura, propriedades físicas e métodos de obtenção.
- Grupos funcionais e nomenclatura sistemática dos compostos orgânicos;
- Hidrocarbonetos aromáticos: Métodos de obtenção. Benzeno: análise elementar e determinação da estrutura. Propriedades físicas e aplicações industriais.
- Estereoquímica: centro estereogênio; nomenclatura R/S; atividade óptica; polarimetria; rotação específica; enantiomeria e diastereoisomeria; resolução de misturas racêmicas e a relação estrutura-atividade biológica.
- Grupos funcionais: compostos halogenados; álcoois; éteres; fenóis; aldeídos; cetonas; ácidos carboxílicos e derivados; aminas e amidas. Nomenclatura, propriedades físicas e métodos de obtenção.

Bibliografia Recomendada:

1. Clayden, J.; Greeves, N.; Warren, S.; Wothers, P.; *In* **“Organic Chemistry”**; Ed. Oxford University Press; New York, 2001.
2. http://www.labjor.unicamp.br/midiaciencia/article.php3?id_article=528

Sugestão de texto para abordar o Bioma do Cerrado.

O cerrado é o segundo maior bioma do Brasil, ocupa cerca de 23,9% do território nacional, onde situam-se vários estados e o Distrito Federal. A diversidade de plantas chega a 6 mil, por isso a extração de substâncias a partir de espécies vegetais é uma área de estudo

bastante desenvolvida dentro da química orgânica. Parte dessas plantas estão em extinção, porque esse bioma vem sofrendo alterações com a ocupação humana, a necessidade de aumentar a produção de grãos para exportação fez com que parte dessa área fosse desmatada para dar lugar a grandes monoculturas. Dentre as espécies conhecidas e catalogadas do Cerrado, mais de 220 são usadas para fins medicinais.

Os óleos essenciais, que são extraídos de diversas áreas das plantas, também são conhecidos como óleos voláteis, óleos etéreos ou essências. Eles são usados nas indústrias para fabricação de cosméticos, medicamentos, alimentos, perfumes e alguns materiais de limpeza. Por serem produtos voláteis, apresentam facilidade de passar do estado líquido para o estado gasoso, dissipam-se rapidamente para o ambiente, mas quando apresentam consistência oleosa apresentam melhor fixação e muitos deles são aromáticos. Já os óleos essenciais apresentam composição diferente dos óleos fixos, porque não são substâncias voláteis, o que melhora a sua fixação, geralmente são retiradas de sementes dos vegetais.

5º Miniseminário

Tema: Metabolismo secundário das plantas e esteroides em anuros.

1. **Óleos Voláteis: terpenoides e fenilpropanoides;**
2. **Flavonoides: antocianos e chalconas;**
3. **Alcaloides tropânicos: beladona e estramônio;**
4. **Alcaloides indólicos: esporão de centeio e vinca;**
5. **Esteroides em anuros: nessa classe de compostos podem ser usados como fonte desses esteroides os trabalhos realizados nos laboratórios de fisiologia animal (IB/UnB), obtidos a partir da extração da secreção cutânea de diferentes espécies de sapos.**
Exemplos: marinobufagina, bufalina.

Os exemplos apresentados das classes de substâncias têm a função apenas ilustrativa, pois o grupo pode escolher entre as várias plantas representativas da referida classe.

Assuntos para discussão:

- **Classificação química e biogênese;**
- **Extração, tratamento e conservação;**
- **Importância econômica;**
- **Dados farmacológicos e toxicológicos;**
- **Drogas vegetais clássicas pertinentes ao tema escolhido;**

- **Visão atual com os desenvolvimentos e possibilidades da Biotecnologia – o estado da arte.**

Apêndice C – Plano da Disciplina

- **Disciplina**

Introdução à Química Orgânica (a disciplina tem como pré-requisito noções de química geral).

- **Objetivos**

Facilitar a aprendizagem em química orgânica oferecendo uma dinâmica de aula mais participativa para os alunos. Ao final do curso, espera-se que o aluno tenha compreendido os princípios fundamentais da Química Orgânica, saiba diferenciar seus grupos funcionais e alguns mecanismos de reação, além de relacionar as propriedades físicas das substâncias.

- **Metodologia de ensino**

O conteúdo programático será trabalhado por meio de discussões em grupo, apresentação de miniseminários e aulas expositivas.

Os temas abordados nos miniseminários são contextualizados e é recomendado usar situações problemas que estejam relacionados ao mercado de trabalho da área de interesse do curso que essa disciplina foi ofertada. Textos didáticos contidos em artigos e livros, além de revistas periódicas são indicados para complemento de leitura.

O conteúdo foi dividido em grandes planos de ensino, onde os conceitos foram agrupados para facilitar a abordagem em sala de aula, mas um mesmo conteúdo pode ser visto em vários momentos com níveis de dificuldade diferentes. Cada módulo é dividido em um grande plano de conteúdo que será abordado nas aulas expositivas e nas apresentações dos miniseminários e ao final, os alunos fazem uma avaliação discursiva como fechamento deste ciclo.

- **Planos de conteúdos**

- ✓ **Criação do universo. Origem, evolução histórica e importância da Química Orgânica, pós Revolução Industrial;**
- ✓ **Matriz Energética Brasileira em contexto.** A natureza da energia e Fontes renováveis. Fluxos e Fontes de Energia. Primeiro Princípio da Termodinâmica e a conservação da energia. Entalpia. Capacidade calorífica. Termoquímica – calores de reação.

- Calorímetros. Entalpia de ligação. Afinidade química. O 2º Princípio da termodinâmica e o rendimento das máquinas. Entropia e Energia Livre de Gibbs.
- ✓ **Petróleo.** Fonte de energia. Combustíveis fósseis e métodos de obtenção. Reações de combustão e oxirredução e estados de oxidação.
 - ✓ **Ligação química.** Representação de Lewis; ligação covalente e suas propriedades. Isomeria constitucional: representações estruturais das moléculas orgânicas: teoria da ligação de valência, ressonância, hibridação eletrônica e teoria dos orbitais moleculares.
 - ✓ **Natureza Ondulatória da luz.** O espectro eletromagnético. História do modelo atômico. O modelo quântico da estrutura atômica. Configuração Eletrônica dos Elementos e a Tabela Periódica. Teoria da ligação de valência e Teoria dos orbitais moleculares.
 - ✓ **Hidrocarbonetos. Alcanos e cicloalcanos:** nomenclatura, propriedades físicas e reações de combustão e halogenação. **Alcenos e cicloalcenos:** nomenclatura, propriedades físicas e métodos de obtenção. Reações de hidrogenação, adições eletrofílicas (X_2 , HX e H_2O) e polímeros de adição. **Alcinos:** nomenclatura, propriedades físicas e métodos de obtenção. **Aromáticos:** Métodos de obtenção. Benzeno: análise elementar e determinação da estrutura. Propriedades físicas e aplicações industriais.
 - ✓ **Atmosfera da Terra em contexto.** Gases do Efeito Estufa, Camada de ozônio.
 - ✓ **Líquidos e Sólidos:** Forças Intermoleculares (Forças de van der Waals: forças de dispersão e interação dipolo-dipolo); Propriedades físicas: ponto de ebulição (PE), ponto de fusão (PF), solubilidade, densidade; Relação da estrutura da molécula com propriedades como PE, PF, solubilidade (moléculas anfífilas e o efeito hidrofóbico), momento de dipolo e eletronegatividade. Propriedades químicas: acidez e basicidade, nucleofilicidade e eletrofilicidade e efeito indutivo;
 - ✓ **Estereoquímica:** centro estereogênio; nomenclatura R/S; atividade óptica; polarimetria; rotação específica; enantiomeria e diastereoisomeria; resolução de misturas racêmicas e a relação estrutura-atividade biológica.
 - ✓ **Reações químicas e Grupos funcionais:** compostos halogenados; álcoois; éteres; fenóis; aldeídos; cetonas; ácidos carboxílicos e derivados; aminas e amidas. Nomenclatura, propriedades físicas e métodos de obtenção.

- **Critério de Avaliação**

A avaliação final será baseada nos seguintes parâmetros: 3 Provas (**Mp**), Miniseminário de Grupo (**SEM**) e Participação nas aulas (**P**).

Para aprovação na disciplina: Obrigatório que a média das provas seja maior ou igual a 5,0.

$$Mp = \frac{1^a P + 2^a P + 3^a P}{3} > 5,0 \quad \text{Média Final} = \frac{Mp (x 0,7) + SEM (x 0,2) + P (0,1)}{1}$$

3

- **Bibliografia Recomendada**

- ✓ Clayden, J.; Greeves, N.; Warren, S.; Wothers, P.; in “Organic Chemistry”; Ed. Oxford University Press; New York, **2001**.
- ✓ McMurry, J. “Organic Chemistry”, 6th ed., Brooks/Cole Publishing Company, **2003** (ou versão em Português).
- ✓ Solomons, T.W.G.; in “Química Orgânica”; Vol. 1 e 2; 9^a ed.; Ed. LTC; Rio de Janeiro, **2009**.
- ✓ Morrison, T. e Boyd, R. N., “Organic Chemistry”, 7th ed., F. C. Gulbenkian, Lisboa, 1997 (ou versão em Português).
- ✓ Fox, M.A. e Whitesell, J. K., “Organic Chemistry”, 3rd ed., John Bartlett, **2004**.
- ✓ Brown, T. L.; LeMay Jr, H. E.; Bursten, B.E.; in “Química: Ciência Central” Prentice Hall, 9^a Ed. Rio de Janeiro, **2005**.

ANEXO

Anexo A – Lista de temas sugeridos para apresentação de seminários nos 1º e 2º/2011.

Lista com sugestão de temas para seminários que foram usados nos dois semestres de 2011. Esses temas foram retirados da revista FAPESP, mais especificamente da área de biotecnologia para tornar o conteúdo mais contextualizado com o curso e permitir que os alunos lessem sobre temas atuais relacionados à área de trabalho e pesquisa deles.

Agosto 2011

Ciência

Imunologia :: Alergias perturbam o humor

Mais do que simples irritação, sensibilidade exacerbada a alimentos provoca ansiedade

Saúde pública :: Antes da guerra com os mosquitos

Contexto da viagem determina se é preciso tomar remédio contra malária

Ambiente :: Corredores nas lavouras

Orientação das fileiras de cultivo pode ajudar locomoção de pequenos mamíferos

Especial // Ano Internacional da Química :: Das moléculas aos organismos

A riqueza da biodiversidade das florestas brasileiras também se revela nas substâncias

Política de C & T

História III :: Trilha ecológica

Da pesquisa básica às políticas públicas, FAPESP investe há cinco décadas em estudos da biodiversidade

Polêmica :: Os donos da chuva

Intervenções no clima global podem já ser viáveis, mas têm enormes riscos

Tecnologia

Energia :: Vinhaça alternativa

Resíduo da produção de etanol pode ser usado para produzir biodiesel

Recursos florestais :: Identificação vegetal

Feixe de luz reconhece composição química de espécies

E engenharia Naval :: Cargueiro limpo e eficiente

Navio brasileiro tem sistema inovador de carga e descarga de 400 mil toneladas de minério

Julho 2011

Bioenergia :: Butanol inesperado

Pesquisador extrai o combustível usando vácuo e contraria paradigma estabelecido

Evolução :: Quando os híbridos são férteis

Cruzamentos improváveis podem gerar novas espécies de plantas e animais

Política de C & T

História II :: Novos paradigmas

O Programa Bioq-FAPESP impulsionou a bioquímica nos anos 1970 e inspirou políticas de fomento à pesquisa

Tecnologia

Imunização :: A multiplicação das vacinas

Butantan desenvolve tecnologia para ampliar a produção e baixar o custo

Agricultura :: Proteção ao maracujá

Novo kit diagnostica precocemente bactéria que devasta pomares

Junho 2011

Laboratório no laranjal

Dos estudos pioneiros do cancro cítrico ao genoma do amarelinho, a FAPESP investiu em pesquisas que deram competitividade à citricultura nacional

Bioenergia :: Cálculo original

Artigo de pesquisadores do Programa Bioen prevê multiplicação da produtividade da cana-de-açúcar

Inovação :: Benefícios mútuos

Diretora de agência sueca aposta em parceria com brasileiros

Colaboração :: Hierarquia complexa

Estudo mostra as dificuldades de compreender a contribuição de cada um dos autores de um artigo científico

Tecnologia

Energia :: A eletricidade do Sol

Brasil começa a usar painéis solares de forma mais abrangente

Alimentos :: Frutas refeitas

Novas formulações atendem aos mais refinados paladares

Saúde :: Catarata mapeada

Tecnologia em celular permite detectar problema oftalmológico

Mai 2011

Ciência

Capa :: A fraqueza das células-tronco

Contaminação pode ser a causa dos maus resultados da terapia contra o Parkinson

Ecologia :: O limite da floresta

Grupo de São Paulo identifica os sinais que precedem extinções em série na mata atlântica

Geoquímica :: Adubo pré-colombiano

Antigos índios da Amazônia contribuíram para a fertilidade da terra preta

Medicina :: Pressão contra o câncer

Anti-hipertensivo detém crescimento de tumores e indica novos alvos para medicamentos

Astrofísica :: Um buraco negro espelhado

Tecnologia

Cosméticos :: Parceria bem-sucedida

Pesquisadores externos contribuem com inovação da Natura

Embalagem Inteligente :: Cor nos fungos

Filme sensível avisa ao consumidor deterioração dos alimentos

Proteção Digital :: Redes reforçadas

Nova abordagem aumenta a segurança de internet e aeroportos

Bioquímica :: Barba-de-velho mede poluição

Espécie de bromélia é usada para captar metais pesados no ar

Abril 2011

Tecnologia

Biotecnologia :: A proteção das esferas

Uso de microcápsulas para revestir ilhotas do pâncreas pode impulsionar tratamento do diabetes

Engenharia de alimentos :: Biscoitos mais magros

Novo ingrediente usado pela indústria não contém gordura trans

Bioquímica :: Caldo de cana em biocélulas

Alternativa energética para produzir eletricidade

Nanotecnologia :: Magnetismo para tratar câncer

Grupo mineiro desenvolve nova rota para produzir materiais biomédicos

Fevereiro 2011

Biotecnologia :: Solução genética

Mosquitos transgênicos serão soltos em Juazeiro, na Bahia, para combater a dengue

Nanotecnologia :: Partículas certas

Alternativas para o combate celular de doenças e diagnósticos mais precisos

Janeiro 2011

Novos materiais :: Plásticos de vegetais

Embalagens e produtos para uso agrícola são feitos com milho, mandioca e fibras

Engenharia mecânica :: Ar limpo

Empresa desenvolve sistema que purifica e umidifica o ambiente

Fonte: <http://www.revistapesquisa.fapesp.br>

Scientific American Brasil

Consumo de álcool e saúde

http://www2.uol.com.br/sciam/reportagens/um_brinde_a_sua_saude_imprimir.html

defesas celulares e a vitamina do sol

http://www2.uol.com.br/sciam/reportagens/defesas_celulares_e_a_vitamina_do_sol_imprimir.html

alimentos e evolução humana

http://www2.uol.com.br/sciam/reportagens/alimentos_e_evolucao_humana_imprimir.html

Anexo B – Plano da Disciplina de Química Orgânica Fundamental

Disciplina	119431 –Química Orgânica Fundamental– 004-000-000-004
Curso	Biotecnologia
Professoras Responsáveis	Maria Márcia Murta
Semestre	1º/2012
Pré-Requisitos	Disciplina sem pré-requisito
Horário de aulas	Terças e Quintas das 16h às 17h50
Local	Pavilhão João Calmon BT 012
Atendimento aos alunos	Para orientar, ou dirimir eventuais dúvidas extraclasse, o aluno poderá buscar o auxílio da professora em horários e locais a combinar.
Objetivos da Disciplina	Apresentação dos princípios fundamentais da Química Orgânica e sua abrangência. Aspectos estruturais e eletrônicos das moléculas orgânicas, incluindo intermediários de reações. Correlação entre estrutura e propriedades químicas e físicas de substâncias orgânicas representativas. Exemplos de algumas reações químicas características dos grupos funcionais abordados e seus mecanismos gerais; Fontes naturais de obtenção de compostos orgânicos. Importância da Química Orgânica para a Sociedade.
Metodologia de Ensino	O conteúdo programático será trabalhado por meio de aulas expositivas e textos didáticos contidos em artigos e livros. Estão previstas aulas para discussão em grupo de tópicos específicos e apresentação de seminários. Os <u>Tópicos 4 e 9</u> , estarão presentes nas discussões das aulas a partir do <u>Tópico 2</u> . O <u>Tópico 3</u> estará presente nos demais, com informações adicionais a cada passo.

Programa

1. Origem, evolução histórica e importância da Química Orgânica
2. Ligação Química e Estrutura Molecular em Moléculas Orgânicas: A Ligação Covalente e suas Propriedades (comprimento, energia e polaridade); Estruturas Moleculares (Teoria da Ligação de Valência, Teoria dos Orbitais Híbridos e Teoria dos Orbitais Moleculares).
3. Cinética e Termodinâmica.
4. Grupos Funcionais: Característica estrutural das diversas funções orgânicas e seus intermediários de reação (carbocátions, carbânions e radicais). Determinação da carga formal. Nomenclatura sistemática dos compostos orgânicos
5. Propriedades Físicas dos Compostos Orgânicos: Forças Intermoleculares (Forças de van der Waals: forças de dispersão e interação dipolo-dipolo); Propriedades físicas: ponto de ebulição (PE), ponto de fusão (PF), solubilidade, densidade; Relação da estrutura da molécula com propriedades como PE, PF, solubilidade (moléculas anfífilas e o efeito hidrofóbico), momento de dipolo;
6. Estereoquímica: Quiralidade. Conceito de centro estereogênico; Relação estrutura-atividade biológica; Conceito de luz plano-polarizada e atividade óptica, princípio de funcionamento do polarímetro, rotação específica, nomenclatura *R-S*, conceito de enantiômeros e diastereômeros; resolução de misturas racêmicas.
7. Propriedades Químicas dos Compostos Orgânicos: conceito de acidez e basicidade, segundo Bronsted e Lowry, e Lewis (nucleofilicidade e eletrofilicidade); Fatores que influenciam a estabilidade e a reatividade das moléculas;
8. Influência dos efeitos de ressonância e efeito indutivo sobre a acidez (ou eletrofilicidade) e basicidade (ou nucleofilicidade) dos compostos. Oxidação e redução em Química Orgânica.
9. Estudo dos Grupos Funcionais e as Principais Reações Orgânicas: Exemplos de conversões funcionais variadas e sínteses orgânicas simplificadas; Exemplos de moléculas com propriedades físicas e/ou químicas e/ou biológicas interessantes e/ou com aplicações no cotidiano. Hidrocarbonetos e Compostos Halogenados: Comparação de propriedades físicas e químicas e fontes/métodos de obtenção. Alcanos e Cicloalcanos: estereoquímica Reação: combustão (conceito e aplicações do calor de combustão) e halogenação. Alquenos e Cicloalquenos: estereoquímica; Reação: Adição eletrofílica de H_2 , X_2 , HX e H_2O ; Mecanismo: Adição de HX e H_2O ; A Regra de Markovnikov e a estabilidade do carbocátion intermediário; Diagramas de Energia. Alquinos: Reação: Adição eletrofílica de H_2 , X_2 , HX . Compostos Aromáticos: A Regra de Hückel e a estabilidade do benzeno, seus derivados policíclicos e anéis heterocíclicos; Reação e mecanismo geral: Substituição eletrofílica aromática (halogenação, sulfonação e nitração); Compostos Halogenados: Reação e Mecanismo Geral: Substituição Nucleofílica Unimolecular e Bimolecular (S_N1 e S_N2).
 - Alcoóis, Éteres e Fenóis e seus análogos sulfurados: Comparação de propriedades físicas e químicas e métodos de obtenção. Reação: desidratação, esterificação e oxidação; Mecanismo: Eliminação. Éteres: Basicidade; Reação: abertura de epóxido. Fenóis: Acidez. Tióis, Tioéteres e Tiofenóis:
 - Aminas: Comparação de propriedades físicas e químicas e métodos de obtenção. Reação: Alquilação de aminas (S_N2) e eliminações. Aminas heterocíclicas.
 - Aldeídos e Cetonas: Comparação de propriedades físicas e químicas e métodos de obtenção. Reação e Mecanismo Geral: Adição nucleofílica; Oxidação e Redução; Tautomeriaceto-enólica e imina-enamina.
 - Ácidos Carboxílicos e Derivados: Comparação de propriedades físicas e químicas. Ácidos carboxílicos: Acidez; Reação de ácidos carboxílicos. Derivados de ácidos carboxílicos (haletos de acila, anidridos, ésteres, tioésteres, amidas, carbamatos): Reação e Mecanismo Geral: Substituição Nucleofílica; Reatividade relativa dos derivados.

Critérios de Avaliação	<p>A avaliação final será baseada nos seguintes parâmetros: média de 3 Provas (Mp), Apresentação de Miniseminários de Grupo (SEM) e Participação nas aulas (P).</p> <p>Para aprovação na disciplina: <u>Obrigatório que a média das provas seja maior ou igual a 5,0.</u></p> <p>Mp = $\frac{1^a P + 2^a P + 3^a P}{3} > 5,0$ Média Final = $\frac{Mp (x 0,7) + Sem (x0,2) + P(x0,1)}{3}$</p>
Calendário de Avaliações	<p>Datas de provas, seminário e entrega de trabalho escrito:</p> <p>1ªP 08/09 2ªP 18/10 3ªP 15/12 Seminários: 01/12; 06/12; 08/12; 13/012.</p>
Bibliografia Recomendada	<ol style="list-style-type: none"> 6. Clayden, J.; Greeves, N.; Warren, S.; Wothers, P.; in "Organic Chemistry"; Ed. Oxford University Press; New York, 2001. 7. McMurry, J. "Organic Chemistry", 6th ed., Brooks/Cole Publishing Company, 2003 (ou versão em Português). 8. Solomons, T.W.G.; in "Química Orgânica"; Vol. 1 e 2; 9ª ed.; Ed. LTC; Rio de Janeiro, 2009. 9. Morrison, T. e Boyd, R. N., "Organic Chemistry", 7th ed., F. C. Gulbenkian, Lisboa, 1997 (ou versão em Português). 10. Fox, M.A. e Whitesell, J. K., "Organic Chemistry", 3rd ed., John Bartlett, 2004. 11. Brown, T. L.; LeMay Jr, H. E.; Bursten, B.E.; in "Química: Ciência Central" Prentice Hall, 9ª Ed. Rio de Janeiro, 2005.
Informações Adicionais	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ao aluno que não comparecer a uma das avaliações previstas neste Plano de Disciplina será atribuída nota ZERO. Será oferecida uma prova substitutiva abordando todo conteúdo programático da disciplina apresentado ao longo do semestre letivo. 2. Sobre o uso de telefones celulares, transcrevemos os termos da Lei nº1184 de 05/09/1996 da Câmara Legislativa do DF: "Art. 1º: Fica vedado, no DF, o uso de aparelhos de telefonia celular nos seguintes ambientes públicos: teatros, cinemas, salas de concerto, salões de conferência, <u>salas de aula</u> e auditórios."

Brasília, 16 de agosto de 2011.

Prof.^a Maria Márcia Murta